

TUGAS AKHIR - RG141536

**ANALISIS TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN DATA SAR
DENGAN TEKNIK *SMALL BASELINE SUBSET* (SBAS)
STUDI KASUS : KABUPATEN PONOROGO**

RAUDLAH HAWIN AYANI
NRP 0331144000008

DOSEN PEMBIMBING
DR. IR. MUHAMMAD TAUFIK

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RG141536

ANALISIS TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN DATA SAR DENGAN TEKNIK *SMALL BASELINE SUBSET* (SBAS) STUDI KASUS : KABUPATEN PONOROGO

RAUDLAH HAWIN AYANI
NRP 033114 4000 0008

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Muhammad Taufik

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS - RG141536

LANDSLIDE ANALYSIS USING SAR DATA AND SMALL BASELINE SUBSET (SBAS) TECHNIQUE CASE STUDY: PONOROGO REGENCY

RAUDLAH HAWIN AYANI
NRP 033114 4000 0008

Supervisor
Dr. Ir. Muhammad Taufik

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environment, Geoscience
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN
DATA SAR DENGAN TEKNIK *SMALL BASELINE
SUBSET* (SBAS)
(STUDI KASUS: KABUPATEN PONOROGO)**

Nama : Raudlah Hawin Ayani
NRP : 03311440000008
Jurusan : Teknik Geomatika FTLSK-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Muhammad Taufik

ABSTRAK

Bencana tanah longsor salah satunya di Kabupaten Ponorogo menyebabkan dampak negatif bagi penduduk setempat dan lingkungannya, salah satu dampak negatifnya adalah perubahan deformasi. Tanah longsor yang disebabkan oleh pengikisan tanah oleh air, adanya gempa bumi yang menyebabkan getaran, serta adanya perubahan lempeng yang menjadi pemicu adanya bencana tanah longsor. Perubahan deformasi dapat diukur dari menggunakan *Time series* InSAR (*Interferometry SAR*) dengan teknologi SBAS (*Small Baseline Subset*). Dalam penelitian ini menggunakan hasil dari DInSAR (*Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar*) citra satelit dari tahun 2016, 2017, dan 2018 serta menggunakan DEM SRTM 30 meter.

Hasil menunjukkan bahwa metode SBAS dapat diterapkan mengetahui deformasi lebih teliti karena dengan *baseline* yang lebih rapat dan menggunakan lebih banyak data. Hasil rata-rata perubahan deformasi pada tahun 2017 menunjukkan rata-rata perubahan *subsidence* (penurunan muka tanah) 10.75 cm selama bulan maret-oktober 2017 dan *upflit* (kenaikan muka tanah) 5 cm selama bulan maret-oktober 2017. Jika dikaitkan dengan kondisi geologi, curah hujan, dan jenis tanah yang mendukung terjadinya perubahan deformasi di Kabupaten Ponorogo. Perubahan deformasi Kabupaten Ponorogo dapat disebabkan dari struktur

geologi, jenis tanah, curah hujan yang menyebabkan perubahan tanah, serta kegunaan tata guna lahan.

Kata Kunci – Deformasi, InSAR, DInSAR, SBAS, Kabupaten Ponorogo, dan Sentinel 1-A

LANDSLIDE ANALYSIS USING SAR DATA AND SMALL BASELINE SUBSET (SBAS) TECHNIQUE (CASE STUDY: PONOROGO REGENCY)

Name : Raudlah Hawin Ayani
NRP : 03311440000008
Departement : Geomatics Engineering FTLSK-ITS
Supervisor : Dr. Ir. Muhammad Taufik

ABSTRACT

Landslide disasters, one of them in Ponorogo Regency, is negative for the local population and its environment, one of which is the negative deformation. Landslides carried out by the erosion of the soil by air, including earthquakes that cause vibration, and also the plates that trigger a landslide disaster. The change in deformation can be measured by using the InSAR time series (Interferometry SAR) with the SBAS (Small Baseline Subset) technology. In this study using the results of DInSAR (Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar), satellite images from 2016, 2017, and 2018 and using DEM SRTM 30 meters.

The results show that the SBAS method can apply more information on a more basic basis and use more data. The average yield of high deformation in 2017 shows the average land-drop (ground level) of 10.75 cm during the month of march-october 2017 and upflit (5 cm during the month of march-october 2017 rise in land surface). If the geological conditions, precipitation, and the corresponding soil types in the Ponorogo. The change of deformation of Ponorogo Regency can be derived from the geological structure, soil type, rainfall that affects the soil, slope, and the usefulness of land use.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN
DATA SAR DENGAN TEKNIK *SMALL BASELINE*
***SUBSET* (SBAS)**
(STUDI KASUS: KABUPATEN PONOROGO)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihuan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
RAUDLAH HAWIN AYANI
NRP. 0331144000008

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Ir. Muhammad Taufik
NIP. 19550919 198603 1 001

()



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Tanah Longsor Menggunakan Data SAR dengan *Small Baseline Subset* (SBAS) Studi Kasus : Kabupaten Ponorogo**” ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan secara moral maupun material. Atas segala bantuan dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua beserta seluruh keluarga penulis yang selama pelaksanaan tugas akhir sampai pembuatan laporan ini memberikan inspirasi, semangat, kasih sayang dan seluruh dukungannya kepada penulis.
2. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, ST, MSc, Ph.D, selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Taufik selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan sarannya.
4. Teman-teman G16 dan mahasiswa Teknik Geomatika 2014 yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir selama ini
5. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penulis sangat mengharapkan saran dan masukan sebagai pembelajaran bagi penulis untuk menjadi lebih baik. Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih atas segala kesempatan yang telah diberikan, semoga penelitian ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
BAR PENGESAHAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Deformasi	5
2.2 Radar (<i>Radio Detection and Ranging</i>)	5
2.2.1 Geometri Pencitraan Radar.....	7
2.2.2 SAR (Synthetic Aperture Radar).....	8
2.2.3 InSAR (Interferometry Synthetic Aperture Radar).....	10
2.2.4 Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR)	11
2.2.5 Small BASeline Subset (SBAS).....	13
2.3 Satelit Sentinel 1A.....	14
2.4 Nilai Koherensi.....	15
2.5 GMTSAR	16
2.6 GMT	16
2.7 Kondisi Geologi Kabupaten Ponorogo.....	17
2.8 Kondisi Jenis Tanah Kabupaten Ponorogo.....	17
2.9.Kondisi Curah Hujan Kabupaten Ponorogo	18

2.10 Kondisi Tata Guna Lahan Kabupaten Ponorogo	18
2.11 Kondisi Sesar Kabupaten Ponorogo	19
2.12 Penelitian Terdahulu.....	19
BAB III METODOLOGI	21
3.1 Lokasi Tugas Akhir	21
3.2 Data dan Peralatan.....	21
3.2.1. Data	21
3.2.2 Peralatan	24
3.3 Metodologi Penelitian	24
3.3.1 Tahapan Penelitian	24
3.3.2 Tahapan Umum Pengolahan SBAS.....	28
3.3.3 Tahapan Pengolahan SBAS dengan GMTSAR.....	31
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....	39
4.1 Panjang <i>Baseline</i> dan Interval Waktu.....	39
4.2 Nilai Phase Unwrapping.....	42
4.3 Analisis Kondisi Geologi.....	59
4.4 Analisis Jenis Tanah	60
4.5 Analisis Curah Hujan	62
4.6 Analisis Tata Guna Lahan	66
4.7 Analisis Sesar	67
4.8 Analisis Kelerengan.....	69
4.9 Analisis Tanah Longsor.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA.....	75
LAMPIRAN	79
BIOGRAFI.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Geometri Pencitraan Radar.....	7
Gambar 2. 2 Resolusi Pencitraan Radar	8
Gambar 2. 3 Satelit Sentinel 1A.....	15
Gambar 3. 1 Kabupaten Ponorogo	21
Gambar 3. 2 Tahapan Penelitian	25
Gambar 3. 3 Tahapan Pengolahan SBAS Secara Umum	28
Gambar 3. 4 Tahapan Pengolahan SBAS <i>Pre Process</i>	31
Gambar 3. 5 Tahapan Pengolahan SBAS <i>Process</i>	34
Gambar 3. 6 Tahapan Pengolahan SBAS.....	37
Gambar 4. 1 Rentang <i>baseline</i> citra 2016	40
Gambar 4. 2 Rentang <i>baseline</i> citra 2017.....	41
Gambar 4. 3 Pemasangan citra 25 Januari – 18 Februari 2016 ...	43
Gambar 4. 4 Pemasangan citra 18 Februari – 30 April 2016	44
Gambar 4. 5 Pemasangan citra 30 April – 24 Mei 2016	46
Gambar 4. 6 Pemasangan citra 24 Mei – 11 Juli 2016.....	47
Gambar 4. 7 Pemasangan citra 11 Juli – 28 September 2016	49
Gambar 4. 8 Pemasangan citra 20 Maret – 12 Juni 2017	51
Gambar 4. 9 Pemasangan citra 12 Juni – 18 Juli 2017.....	52
Gambar 4. 10 Pemasangan citra 18 Juli – 16 September 2017 ...	53
Gambar 4. 11 Pemasangan citra 28 September – 10 Oktober 2017.....	55
Gambar 4. 12 Hasil Pengolahan SBAS 2017	56
Gambar 4. 13 Pemasangan citra 26 Januari - 19 Februari 2018 ...	58
Gambar 4. 14 Peta Geologi Kabupaten Ponorogo.....	59
Gambar 4. 15 Peta Jenis Tanah	61
Gambar 4. 16 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan Mei 2016	63
Gambar 4. 17 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan Juni 2016	63

Gambar 4. 18 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan Juli 2016.....	64
Gambar 4. 19 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan Agustus 2016.....	65
Gambar 4. 20 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan September 2016.....	65
Gambar 4. 21 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan Maret 2017	66
Gambar 4. 22 Peta Tata Guna Lahan.....	67
Gambar 4. 23 <i>Overlay</i> Peta Geologi.....	67
Gambar 4. 24 Peta Zona Sesar	69
Gambar 4. 25 Peta Kelerengan.....	70
Gambar 4. 26 Peta Rawan Longsor	71
Gambar 4. 27 Peta Deformasi	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Panjang Gelombang dan Frekuensi Band	6
Tabel 2. 2 DInSAR.....	12
Tabel 3. 1 Informasi Data Sentinel 1A.....	22
Tabel 3. 2 Hasil <i>Baseline Table</i>	32
Tabel 4. 1 Panjang <i>Baseline</i> dan Jarak Temporal.....	41
Tabel 4. 2 Grafik Laju Perubahan Deformasi 25 Januari - 18 Februari 2016	44
Tabel 4. 3 Grafik Laju Perubahan Deformasi 18 Februari – 30 April 2016	45
Tabel 4. 4 Grafik Laju Perubahan Deformasi 30 April – 24 Mei 2016	47
Tabel 4. 5 Grafik Laju Perubahan Deformasi 30 April – 24 Mei 2016	48
Tabel 4. 6 Grafik Laju Perubahan Deformasi 11 Juli – 28 September 2016.....	50
Tabel 4. 7 Grafik Laju Perubahan Deformasi 20 Maret – 12 Juni 2017	51
Tabel 4. 8 Grafik Laju Perubahan Deformasi 12 Juni – 18 Juli 2017.....	53
Tabel 4. 9 Grafik Laju Perubahan Deformasi 18 Juli – 16 September 2017.....	54
Tabel 4. 10 Grafik Laju Perubahan Deformasi 28 September – 10 Oktober 2017.....	56
Tabel 4. 11 Grafik Laju Perubahan Deformasi Maret – Oktober 2017.....	57
Tabel 4. 12 Grafik Laju Perubahan Deformasi 26 Januari - 19 Februari 2018.....	59

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar 1 Peta Deformasi	79
Gambar 2 Peta Rawan Longsor	80

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Ponorogo merupakan daerah yang berada di kawasan dataran tinggi dengan ketinggian antara 92 sampai dengan 2.563 meter di atas permukaan laut. Kabupaten Ponorogo merupakan daerah dengan bentuk morfologi yang bervariasi seperti dataran tinggi dan perbukitan dengan tingkat kemiringan tebing yang cukup curam dan struktur batuan yang berupa lapukan dari gunung berapi. Dimana jenis batuan ini bersifat porositas sehingga rawan terjadi longsor. Selain kondisi tanah yang bersifat porositas, deformasi juga merupakan salah satu penyebab terjadinya longsor tersebut.

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Vidyan 2013). Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan bentuk atau ukuran yang terjadi pada permukaan bumi, seperti naik dan turunnya permukaan tanah. Permukaan tanah dapat berubah seiring berjalannya waktu, bisa disebabkan oleh pergeseran lempeng, berkurangnya air didalam tanah dan semakin bertambahnya bangunan diatas permukaan tanah sehingga tanah tidak mampu menopang. Pentingnya mengetahui adanya perubahan deformasi ini adalah untuk mengetahui titik titik dimana saja yang mempunyai potensi bahaya, dan pencegahan dini mengurangi kerugian infrastruktur dalam merencanakan bangunan yang akan dibangun di tanah yang memiliki potensi deformasi. Untuk mengetahui perubahan deformasi perlu adanya pengamatan secara khusus karena perubahan deformasi tidak terlihat secara signifikan.

Menurut penelitian sebelumnya (Yuniarta dkk 2015) menganalisis tentang “Kerawanan Bencana Tanah Longsor Kabupaten Ponorogo” menggunakan *software* ArGIS dengan metode dari Paimi, dapat disimpulkan bahwa wilayah Kabupaten Ponorogo yang merupakan daerah dataran rendah termasuk dalam kategori tidak rawan hingga kategori sedikit rawan, daerah

pegunungan, dataran tinggi dan perbukitan termasuk dalam kategori agak rawan hingga sangat rawan. Desa - desa yang berpotensi terjadi bencana tanah longsor sejumlah 149 desa dari 303 desa jumlah desa yang berada di wilayah Kabupaten Ponorogo dengan mengacu pada nilai skoring rata - rata pada setiap desa dengan kategori dari agak rawan hingga rawan.

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan deformasi di Kabupaten Ponorogo dengan melakukan pengamatan penginderaan jauh menggunakan *Small Baseline Subset* (SBAS) dengan satelit aktif Sentinel 1A yang secara khusus dapat mengamati deformasi pada bumi dengan *output* penelitian ini adalah berupa analisis kerawan longsor di Kabupaten Ponorogo, agar bisa digunakan referensi kepada Pemerintah Daerah khususnya Badan Perencanaan Daerah (Bappeda) sebagai badan yang merencanakan tata ruang pada daerah, serta sebagai panduan untuk Badan Penanggulangan Bencana Daerah yang belum memiliki peta kerawanan bencana tanah longsor pada Kabupaten Ponorogo.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang muncul dari pembahasan diatas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana penurunan permukaan tanah di Kabupaten Ponorogo?
2. Bagaimana hasil peta kerawanan bencana longsor di Kabupaten Ponorogo ?
3. Bagaimana analisis deformasi dengan kondisi geologi, kondisi tanah, topografi, tata guna lahan, dan curah hujan, sesar pada Kabupaten Ponorogo ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian berada di wilayah Kabupaten Ponorogo
2. Data yang digunakan Citra Sentinel 1A tahun 2016, 2017, 2018, dan *level 1.0 single look*

3. Data yang digunakan Peta Geologi Kabupaten Ponorogo
4. Data yang digunakan Peta Tanah Kabupaten Ponorogo
5. Data yang digunakan Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Ponorogo
6. Data yang digunakan Peta RBI Topografi Kabupaten Ponorogo
7. Data yang digunakan Peta Zona Sesar Kabupaten Ponorogo
8. Data yang digunakan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo
9. Pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini metode SAR dengan teknik *Time Series* InSAR

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengolahan data menggunakan data citra satelit Sentinel 1A untuk pembuatan peta pergerakan deformasi di wilayah Kabupaten Ponorogo
2. Untuk mengamati adanya pergerakan tanah di Kabupaten Ponorogo dengan teknik SBAS dan mendapatkan besaran nilai deformasi pada tahun 2016 sampai dengan 2018
3. Menganalisa korelasi antara fakta dari citra satelit Sentinel 1A, peta geologi, peta tanah, peta tata guna lahan, topografi, informasi curah hujan, peta sesar di Kabupaten Ponorogo
4. Hasil akhir dari penelitian ini adalah berupa peta perubahan rawan longsor di Kabupaten Ponorogo 1:250.000

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat memberikan informasi mengenai daerah yang rawan terjadi longsor
2. Dapat memberikan informasi terkait untuk deteksi dini serta terdapat data perubahan deformasi sehingga data

tersebut dapat digunakan untuk memetakan kawasan rawan longsor

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, dan atau ukuran suatu tubuh sebagai respon terhadap gaya yang di terapkan. Selain itu deformasi juga berarti perubahan posisi translasi dan orientasi. Gaya yang dimaksud, di dalamnya termasuk *body forces*, misalkan gravitasi, dan *surface forces*, misal *hidrostatic* (Anjasmara 2013). Deformasi disebabkan oleh dua hal, yaitu tegangan dan regangan. Tegangan adalah gaya yang bekerja pada satuan luas. Tegangan ada dua macam yaitu *Uniform stress* yaitu tekanan yang besarnya sama dari segala arah dan *Differential stress* yaitu tekanan yang besarnya berbeda dari segala arah. Regangan adalah perubahan ukuran, bentuk atau volume dari material, terjadi akibat batuan mengalami deformasi. Pengontrol deformasi ada tiga, yaitu suhu, waktu, *strain rate* (kecepatan batuan untuk berubah bentuk dan volume) dan komposisi.

Deformasi akan melalui tiga tahapan, yaitu *Elastic deformation*, *Ductile deformation* dan *Fracture*. *Elastic deformation* adalah deformasi sementara, tidak permanen atau dapat kembali ke bentuk awal. Begitu *stress* hilang, batuan kembali ke bentuk dan volume semula. Seperti karet yang ditarik akan melar tetapi jika dilepas akan kembali ke panjang semula. *Ductile deformation* merupakan deformasi dimana *elastic limit* dilampaui dan perubahan bentuk dan volume batuan tidak kembali. *Fracture* terjadi apabila batas atau limit elastik dan *ductile* deformasi dilampaui. Deformasi rekah dan lentur adalah sama, menghasilkan regangan yang tidak kembali ke kondisi semula.

2.2 Radar (*Radio Detection and Ranging*)

Radar adalah salah satu sistem penginderaan jauh yang tidak dipengaruhi oleh cuaca dan waktu dalam proses pengerjaannya karena merupakan metode perekaman aktif, dimana sensor pada radar ini merekam energinya sendiri yang dipantulkan

oleh objek di permukaan bumi, tidak tergantung ada radiasi matahari (Sari 2014).

Prinsip dasar radar adalah memancarkan gelombang radio dan merekam pantulan obyek di permukaan bumi. Gelombang pantulan yang direkam oleh sensor inilah yang kemudian diolah menjadi citra. Citra dapat terbentuk karena gelombang yang dipantulkan mempunyai intensitas yang berbeda, tergantung dari sudut pantul obyek (Sari 2014).

Radar menggunakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi 0,3 – 40 GHz dan panjang gelombang 0,7 cm – 100 cm. Hanya beberapa band saja yang dapat digunakan untuk pencitraan karena adanya perbedaan interaksi antara atmosfer dan permukaan bumi pada setiap panjang gelombangnya. Band yang biasa digunakan untuk pencitraan oleh radar hanya band X, C, L dan P (Lusch 1999). Semakin panjang gelombang yang dipancarkan maka gelombang tersebut akan memiliki kemampuan penetrasi awan dan uap air yang semakin meningkat, tetapi berbalik dengan frekuensi yang digunakan (Hardi 2008).

Gelombang (band)	Panjang Gelombang (cm)	Frekuensi (GHz)	
Ka	0,75 – 1,1	27	-40
K	1,1 – 1,67	18 – 27	
Ku	1,67 – 2,4	12	-18
X*	2,4 – 3,75	8 – 12	
C*	3,75 – 7,5	4	-8
S	7,5 – 15	2	-4
L*	15 – 30	1	-2
P	30 – 100	1 – 0,3	

Tabel 2. 1 Panjang Gelombang dan Frekuensi Band
(Sumber : Lusch 1999)

2.2.1 Geometri Pencitraan Radar

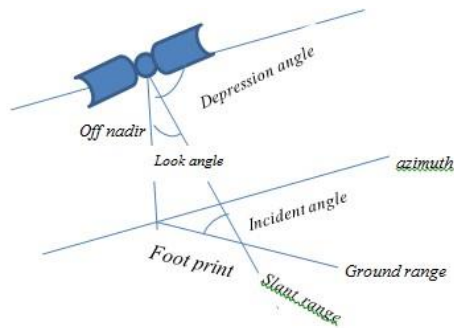
Radar mempunyai geometri pencitraan *side looking*, yang mana perlu diperhatikan beberapa sudut yang dibentuk saat pencitraan radar yang meliputi:

a. *Incidence Angle*

Incidence Angle merupakan sudut yang dibentuk oleh pancaran radar terhadap garis tegak lurus dari permukaan

b. *Depression Angle*

Depression Angle merupakan sudut yang dibentuk oleh horizon wahana terhadap arah pancaran radar



Gambar 2. 1 Geometri Pencitraan Radar
(Sumber: Lusch 1999)

c. *Look Angle*

Look Angle merupakan sudut yang dibentuk oleh nadir satelit terhadap arah pancaran gelombang radar

d. *Slant Range*

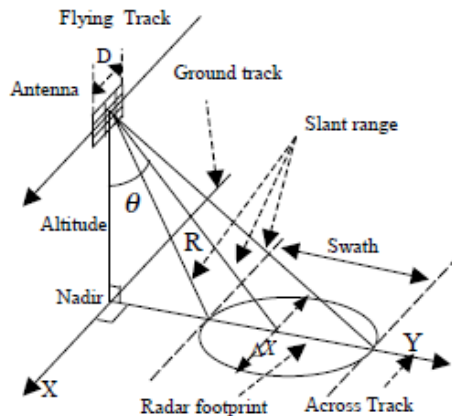
Slant Range merupakan jarak miring dari wahana terhadap objek di permukaan bumi. *Slant Range* ini terbagi menjadi *near range* (NR) dan *far range* (FR)

e. *Ground Range*

Ground Range merupakan jarak lurus dari wahana terhadap objek di permukaan bumi.

2.2.2 SAR (Synthetic Aperture Radar)

SAR merupakan sistem radar koheren yang membentuk citra penginderaan jauh resolusi tinggi yang dapat digunakan pada siang maupun malam hari, hal ini dikarenakan sistem SAR menggunakan gelombang radio (*microwave*) dalam pengamatan permukaan bumi



Gambar 2. 2 Resolusi Pencitraan Radar
(Sumber: Chen dkk 2002)

Gambar diatas diilustrasikan bahwa panjang antenna (L_a) bergerak memancarkan dan menerima reflektan dari objek O dimulai dari titik “a” ke titik “b” lalu ke titik “c”, sehingga didapatkan perbedaan *slant range* yaitu, R_a ke R_b kemudian R_c . Dapat disimpulkan bahwa $R_a > R_b$ dan $R_b > R_c$. Jarak R_a adalah jarak *slant range* pada saat antenna radar semakin mendekati objek O, sampai *slant range*

berada pada jarak terpendek sebesar R_b , kemudian antenna akan terus bergerak menjauhi objek O dengan *slant range* sebesar R_c . Perbedaan *slant range* karena adanya pergeseran frekuensi (*frequency shift*) dari reflektan sinyal (hamburan) dari titik O. Antena La akan bergerak sepanjang lintasan, sedangkan gelombang tidak akan terdeteksi secara bersamaan. Hal tersebut sesuai dengan prinsip *Doppler* yang mana objek akan terekam dengan frekuensi yang berbeda-beda karena wahana bergerak saat melewati objek tersebut.

Menurut (ESA 2000) dalam (Sari 2014) bahwa resolusi SAR dibagi menjadi dua hal, yaitu sebagai berikut:

a. *Range Resolution*

Resolusi dari pulsa radar adalah secara mendatar dibatasi oleh *bandwith* (B) dari pancaran pulsa gelombang (c), dengan semakin lebar *bandwidth* maka resolusi *range* semakin baik, lebar *bandwidth* tersebut akan dicapai dengan pulsa durasi pendek.

b. *Azimuth Resolution*

Resolusi pada arah azimut merupakan resolusi yang sejajar dengan arah terbang wahana. Dengan kata lain yaitu kemampuan dari radar untuk membedakan objek yang melintas searah lintasan wahana.

Karena pengamat ber-*platform* dan berpindah-pindah, maka jarak dari radar ke target juga secara kontinyu berubah dan *phase* dari pantulan sinyal juga berubah sesuai dengan hukum yang diberikan oleh observasi geometri. Perubahan *phase* berhubungan dengan waktu frekuensi angular *Doppler*, serta resolusi azimut ditentukan oleh *bandwith Doppler* dari sinyal yang diterima.

2.2.3 InSAR (Interferometry Synthetic Aperture Radar)

Interferometry adalah pengukuran perubahan sinyal *phase* antara dua citra dengan objek yang sama pada waktu berbeda. Menurut (Ismullah 2004), citra SAR yang akan diolah secara interferometri, khususnya dari satelit sering disebut dengan citra kompleks atau SLC (*Single Look Complex*), yang mana dalam tiap pixelnya tersusun atas informasi amplitudo (a) dan *phase* (ϕ):

a. Amplitudo

Image pada citra radar dapat terbentuk karena hasil pengukuran amplitudo sistem radar. Amplitudo menunjukkan seberapa kuat hamburan dari objek radar yang dapat diterima oleh *transmitter*. Semakin kuat hamburan, maka semakin terang area pada citra radar, hal tersebut menunjukkan objek dengan permukaan yang kasar. Sedangkan semakin lemah hamburan maka semakin gelap area pada radar yang berarti menunjukkan objek dengan permukaan rata atau halus.

Saat gelombang elektromagnetik berinteraksi dengan permukaan, maka pulsa gelombang akan dipancarkan ke segala arah dan sebagian pantulannya tersebut akan diterima kembali oleh sensor. Intensitas dari gelombang pantul ini sangat lemah bila dibandingkan dengan gelombang yang dipancarkan. Kekasaran permukaan obyek dan relief topografi merupakan faktor yang sangat mempengaruhi intensitas gelombang pantul (Sharav 2003).

b. *Phase*

Phase merupakan kondisi osilasi suatu sinyal gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang tertentu yang berulang sejauh 2π (Ismullah 2004). Ketika titik di tanah bergerak,

maka jarak antara sensor dan titik akan berubah, dan berpengaruh pada nilai *phase* yang direkam oleh sensor SAR.

2.2.4 Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR)

Teknik DInSAR bertujuan untuk mengamati pergerakan tanah atau deformasi dengan menggunakan teknik *repeat-pass interferometry* (Purna 2009). Salah satu teknologi radar yang digunakan dalam pemantauan deformasi permukaan tanah adalah DInSAR (*Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar*) menggunakan pasangan gambar SAR yang diakuisisi pada waktu yang berbeda dan posisi yang berbeda oleh satelit. Dengan mengetahui posisi satelit dan permukaan topografi memungkinkan untuk substraksi komponen fase topografi dan mengukur deformasi.

DInSAR adalah teknologi pencitraan radar kesamping dengan memanfaatkan informasi fase, amplitudo, dan panjang gelombang dalam pengolahannya untuk mendapatkan topografi dan deformasi. Keuntungan yang didapatkan dari menggunakan teknologi DInSAR ini adalah sebagai berikut:

- Data tersedia sejak tahun 1992.
- Pemantauan hemat biaya sejumlah besar *permafrost* yang bergerak lambat di area yang luas.
- dapat memantau Area yang tidak dapat diakses.
- Kemungkinan pemantauan setiap saat dan disemua cuaca
- Mudah membandingkan pergerakan massa lereng dengan daerah stabil.
- satelit kembali ke tempat yang sama dalam waktu yang singkat, yaitu 11 hari

- Perangkat lunak interferometri diferensial tersedia gratis

Selain mendapatkan keuntungan dengan menggunakan teknologi DInSAR, ada juga kerugian atau masalah yang akan didapatkan, yaitu :

- Hanya pemindahan sepanjang *Line of Sight* (LOS) di 2D antara satelit dan lapangan yang dapat diukur.
- Teknik ini tidak berlaku di daerah vegetasi tertutup.
- Pengolahan data cukup panjang dan kompleks.
- Perangkat lunak yang sangat spesifik.
- Pemantauan waktu sebenarnya tidak mungkin dilakukan.

Informasi lebih lengkap dari teknologi DInSAR dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 2 DInSAR
(Sumber: Gay, Michel)

Informasi Umum	
Kategori	<i>Remote Sensing</i>
<i>Background</i>	Pesawat ruang angkasa, <i>Synthetic Aperture Radars</i>
Prinsip Dasar	
Teknologi	Teknik Diferensial Interferometri SAR (DInSAR) bergantung pada pengolahan dua citra SAR dari bagian permukaan bumi yang sama. Pada metode interferometri <i>passing pass</i> , pendeteksian dan kuantifikasi <i>ground displacement</i> yang terjadi antara kedua akuisisi dapat dicapai dengan <i>Differential InSAR</i> (DInSAR).
<i>Data processing</i>	Teknik DInSAR menyediakan sebuah gambar, yang disebut interferogram diferensial, yang merepresentasikan gerakan

Lanjutan Tabel 2.2

Informasi Umum	
	tanah yang terjadi antara akuisisi dengan akurasi 1 cm dan resolusi 1 dam. Perpindahan dihitung dengan membedakan komponen fase dari dua citra SAR yang terdegradasi setelah penghilangan efek topografi.

2.2.5 Small BAseline Subset (SBAS)

Analisis *Time – series Synthetic Aperture Radar Interferometry* (InSAR) adalah salah satu tipe lanjutan teknik yang di kembangkan untuk mengatasi keterbatasan metode dasar InSAR (DInSAR), seperti dekorelasi temporal dan geometri, serta juga untuk mengganti kesalahan dari distorsi atmosfer, tidak akurasi model permukaan bumi dan tidak menentukannya satelit orbit. Untuk mengoptimasi rangkaian dari citra SAR, perlu dilakukan analisis sifat spasial temporal TS InSAR dari fase interferometrik dan membangun kembali luasan permukaan deformasi. (Gong dkk 2016)

SBAS juga berfungsi menghindari kesalahan fase yang menyebar melalui interferogram, dan juga untuk menyimpan sejumlah interferogram yang berlebihan dalam tumpukan data. SBAS dapat membalikkan tumpukan interferogram *baseline* kecil yang berisi pendekatan dekomposisi. Hasilnya untuk mengeksplorasi hubungan spasial temporal dari tumpukan interferogram yang berlebihan ke dalam pemrosesan interferogram multi – temporal.

SBAS secara khusus termasuk dalam kategori pemrosesan serupa dengan analisis *Permanent Scatter* yaitu dengan menggunakan *single look data* dan bergantung pada pengukuran deformasi pada spasial grid titik stabil amplitudo *Permanent Scatter* PSC. Kegunaan SBAS juga untuk meningkatkan kerapatan spasial dari ukuran, tercapainya pertumbuhan grid spasial dengan

menganalisis stabilitas fase multi temporal atau *multi baseline* dari tumpukan interferogram yang melalui tahap pemisahan, interpolasi, dan kompensasi atmosfer melalui analisis variasi spasial yang dibawa keluar di grid PSC (Casu 2009).

Analisis SBAS menurut (Crosetto dkk 2005 dalam Casu 2009) melakukan analisis berbasis pada interferogram susun dan proses data multilook, yaitu dari data rata – rata yang dimilikinya ditandai dengan resolusi yang lebih rendah. Dari pemantauan dicapai dengan memisahkan kontribusi deformasi dari topografi residual dan artefak atmosfer piksel pada grid yang jarang dapat diandalkan, dan dipilih pada analisis spasial koherensi.

2.3 Satelit Sentinel 1A

Satelit Sentinel-1 yang diluncurkan pada tahun 2011, merupakan bagian dari program GMES - Global Monitoring for *Environment and Security* - satu set misi observasi Bumi yang didanai bersama oleh ESA dan Komisi Eropa. GMES mewakili jawaban Eropa terhadap persyaratan pengendalian lingkungan yang terus meningkat, dan dengan demikian memberikan kontribusi penting bagi kebijakan lingkungan di tingkat global. Satelit sentinel 1 terdiri dari sentinel 1A, 1B, 1C dan 1D. Satelit sentinel yang digunakan dalam mengidentifikasi Deformasi, karena radar satelit sentinel 1A tersebut aktif, sehingga dapat digunakan dalam mengidentifikasi deformasi tersebut. Misi objektif Satelit Sentinel 1A adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Satelit Sentinel 1A
(Sumber: ESA 2017)

- Pemantauan lahan hutan, air, tanah dan pertanian
- Dukungan pemetaan darurat jika terjadi bencana alam
- Pemantauan kelautan lingkungan maritim
- Observasi es laut dan pemantauan gunung es
- Produksi es batu resolusi tinggi
- Meramalkan kondisi es di laut
- Memetakan tumpahan minyak
- Deteksi kapal laut
- Pemantauan perubahan iklim

2.4 Nilai Koherensi

Koherensi adalah koefisien korelasi silang dari pasangan citra SAR pada bagian yang kecil. Nilai dari koherensi berkisar dari 0, yang merepresentasikan fase interferogram yang terbentuk hanya noise hingga 1 yang artinya tidak ada noise pada fase interferogram. Nilai nol ini bisa berupa perangkat lunak pengolahan InSAR memiliki warna hitam sedangkan koherensi 1 ditunjukkan dengan warna putih. Secara praktis, untuk keperluan aplikasi InSAR nilai koherensi yang dianjurkan harus lebih besar dari 0,2 (Abdullah 2012)

2.5 GMTSAR

GMTSAR merupakan *software open source* GNU (*General Public License*) sistem pemrosesan InSAR yang dirancang untuk pengguna yang akrab dengan Generic Mapping Tools (GMT). Kode ditulis dalam C dan akan dikompilasi pada komputer mana pun di mana GMT dan NETCDF dipasang. Sistem ini memiliki tiga komponen utama. Sebuah *preprocessor* untuk setiap tipe data satelit (ERS-1/2, Envisat, ALOS-1, TerraSAR-X, COSMOS-SkyMed, Radarsat-2, Sentinel-1A / B, dan ALOS-2) untuk mengkonversi format asli dan orbital informasi ke dalam format umum. Prosesor InSAR untuk memfokuskan dan menyelaraskan tumpukan gambar, memetakan topografi menjadi fase, dan membentuk interferogram kompleks. *Postprocessor*, sebagian besar berdasarkan pada GMT, untuk menyaring interferogram dan membangun produk interferometrik fase, koherensi, *fase gradien*, dan penglihatan *line of sight* di kedua radar dan koordinat geografis. GMT digunakan untuk menampilkan semua produk sebagai file pdf dan gambar KML untuk Google Earth. Seperangkat *script* telah dikembangkan untuk pemrosesan *two pass* standar serta penyejajaran gambar geometris untuk susunan dan deret waktu. Pengguna dapat berkontribusi dalam penggunaan *software* ini (GMTSAR 2010).

Untuk *install* GMTSAR dapat dilihat pada <http://gmt.soest.hawaii.edu/projects/gmt5sar/wiki/Wiki>. GMTSAR memerlukan data DEM dapat diunduh pada <http://topex.ucsd.edu/gmtsar/demgen/>. Sedangkan data orbit dapat diunduh pada <http://step.esa.int/auxdata/orbits/Sentinel-1/POEORB/S1A> atau https://qc.sentinel1.eo.esa.int/aux_poeorb/.

Tutorial *install* GMTSAR dapat dilihat pada <http://melihatbumi.files.wordpress.com/2017/10/how-to-install-gmtsar.pdf>

2.6 GMT

GMT adalah *software open source* dari 65 fitur untuk memanipulasi kumpulan data geografis dan Cartesian (termasuk

penyaringan, *fitting tren*, *gridding*, memproyeksikan, dll.) Dan menghasilkan ilustrasi *Encapsulated PostScript File* (EPS) mulai dari plot xy sederhana melalui peta kontur ke artifisial. permukaan yang diterangi dan pandangan perspektif 3-D. Software GMT menambahkan lagi 70 lebih banyak fitur khusus. GMT mendukung lebih dari 30 proyeksi dan transformasi peta dan dilengkapi dengan data pendukung seperti garis pantai GSHHG, sungai, dan batas-batas politik (GMT 2010).

Software GMT dapat di lihat pada <http://gmt.soest.hawaii.edu/projects/gmt/wiki/BuildingGMT>

2.7 Kondisi Geologi Kabupaten Ponorogo

Kondisi Kabupaten Ponorogo dapat dilihat pada Peta Geologi lembar Pacitan, Ponorogo, Tulungagung, dan Madiun.

a. Aluvium

Endapaan Aluvium terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lanau, lempung, lumpur, dan pecahan koral. Aluvium merupakan endapan sungai dan pantai, tersebar di dataran rendah sepanjang sungai (Samodra 1992).

b. Formasi Dayakan

Formasi Dayakan mempunyai sifat perulangan batu pasir dan batu lempung dengan tebal puluhan cm. Sifat lempung yang dapat menyerap air dan memiliki sifat menyusut dan mengembang (Samodra 1992).

c. Formasi Mandalika

Formasi Mandalika tersusun oleh breksi gunung api, lava, dan tuf. Bersisipan dengan batu pasir tufan, batu lempung, dan batu lanau. Singkapan yang baik terdapat di mandalika, di bagian hulu, sesar grendulu (Samodra 1992).

2.8 Kondisi Jenis Tanah Kabupaten Ponorogo

Kabupaten Ponorogo mempunyai beberapa jenis tanah, sebagian besar didominasi oleh kompleks Litosol (19,90%), Litosol (19,23%), Aluvial Kelabu (17,15%) dan Asosiasi Aluvial Kelabu (11,49%) sedangkan sisanya antara lain jenis tanah

mediteran coklat tua, Alluvial kelabu coklat, Asosiasi mediteran coklat dan grumusel.

2.9. Kondisi Curah Hujan Kabupaten Ponorogo

Curah hujan atau yang juga sering disebut presipitasi adalah jumlah air hujan yang turun pada daerah tertentu dalam waktu tertentu. Curah Hujan juga dapat dikatakan sebagai air hujan yang terkumpul di tempat datar yang tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir setelah hujan turun. Hujan terbentuk dari kumpulan penguapan uap air (awan) yang jika mencapai titik jenuh akan kembali turun ke bumi. Ketika berbicara tentang curah hujan, maka kita juga harus membahas intensitas hujan. Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan dalam satuan waktu tertentu. Apabila intensitasnya tinggi berarti hujan lebat, dan intensitas juga dapat menjadi dasar dalam memperkirakan dampak hujan seperti banjir, longsor dan efeknya terhadap makhluk hidup.

Untuk mengamati jumlah curah hujan dapat dilihat dari hasil pengamatan curah hujan BMKG pada setiap posnya.

2.10 Kondisi Tata Guna Lahan Kabupaten Ponorogo

Tata guna lahan adalah hasil dari interaksi lingkungan alam dan manusia yang berwujud pada terbentuknya berbagai kenampakan lahan untuk berbagai fungsi yang menampung aktivitas manusia guna memenuhi kebutuhan hidupnya. Beberapa jenis penggunaan lahan yang umumnya ada di Indonesia seperti hutan, tanaman semusim, perkebunan, agroforestri/pertanian lahan kering campur, kebun campuran, dan permukiman (Santoso 2017).

Pada Kabupaten Ponorogo mayoritas kegunaan tata guna lahannya adalah sawah, kebun, pemukiman, dan tanah ladang.

2.11 Kondisi Sesar Kabupaten Ponorogo

Sesar adalah rekahan atau zona rekahan pada batuan yang memperlihatkan peregeseran. Pergeseran pada sesar bisa terjadi sepanjang garis lurus (translasi) atau terputar (rotasi). Sesar merupakan struktur bidang dimana kedudukannya dinyatakan dalam jurus dan kemiringan. Sifat pergeserannya dapat bermacam-macam, mendatar, miring (*oblique*), naik dan turun. Didalam mempelajari struktur sesar, disamping geometrinya yaitu, bentuk, ukuran, arah, dan polanya, yang penting juga untuk diketahui adalah mekanisme pergerakannya. Sesar dapat diklasifikasikan dengan pendekatan geometri yang berbeda. Beberapa klasifikasi diantaranya adalah:

- berdasarkan hubungan dengan struktur lain (sesar bidang pelapisan, sesar longitudinal, sesar transversal).
- berdasarkan pola kumpulan sesar (sesar radial, sesar pralel, sesar en echelon). Aspek terpenting dari geometri sesar adalah pergeseran (Setyobudi 2010).

Kabupaten Ponorogo memiliki beberapa sesar antara lain : Sesar Dayakan, Sesar Binade, Sesar Lorog, dan Sesar Tegalombo.

2.12 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang berjudul “Kerawanan Bencana Tanah Longsor Kabupaten Ponorogo” merupakan jurnal matriks teknik sipil yang diteliti oleh Hanif Yuniarta, Agus P. Saido, dan Y. Muslih Purwana dari Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta. Jurnal ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana tingkat kerawanan tanah longsor di Kabupaten Ponorogo. Peneliti menggunakan cara menginventarisasi lokasi terdampak bencana tanah longsor menggunakan sistem informasi geografis dengan modifikasi paramater yang digunakan yaitu Hujan harian maksimal 3 hari (25%), Lereng lahan (15%), Geologi (10%), Gempa (5%), Keberadaan sesar (5%), penggunaan lahan (20%), Infrastruktur (15%), dan Kepadatan pemukiman (5%). Semua parameter di *overlay*, kemudian diberikan pembobotan (skor) pada hasil analisis tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

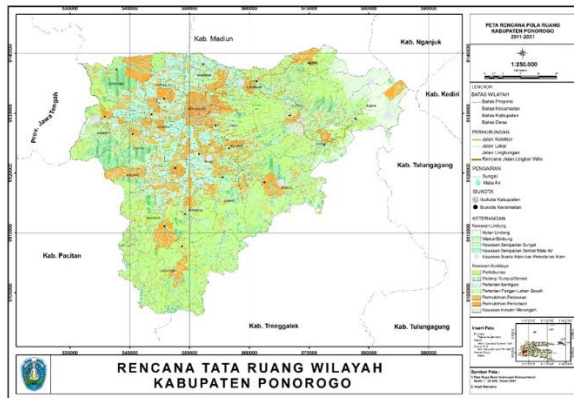
Kabupaten Ponorogo dapat di kategorikan sebagai daerah kerawanan bencana tanah longsor agak rawan pada daerah perbukitan dan pegunungan, pada bagian dataran rendah dapat di kategorikan sebagai daerah yang kerawanan tanah longsor sedikit rawan.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Lokasi Tugas Akhir

Kabupaten Ponorogo secara geografis berada pada $7^{\circ} 49'$ - $8^{\circ} 20'$ Lintang Selatan dan $111^{\circ} 17'$ - $111^{\circ} 52'$ Bujur Timur. Luas wilayah daratan meliputi 1.371.78 km². Kabupaten Ponorogo berbatasan dengan Kabupaten Madiun di sebelah utara, Kabupaten Trenggalek di sebelah timur, Kabupaten Pacitan di sebelah selatan, dan Provinsi Jawa Tengah di sebelah barat. Wilayah topografi Kabupaten Ponorogo adalah rata-rata dataran tinggi, dengan ketinggian antara 92 – 2.563 meter di atas permukaan laut. Lokasi penelitian ini dapat dilihat pada peta yang ada pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3. 1 Kabupaten Ponorogo
(Sumber : Bappeda Kabupaten Ponorogo 2001)

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1. Data

Berikut adalah data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Citra Satelit Sentinel 1A dengan *single polarisation* (VV). Data yang diambil data pada rentang bulan

Februari 2016-Januari 2018. Berikut data citra satelit Sentinel-1A yang digunakan dapat dilihat pada tabel

Tabel 3. 1 Informasi Data Sentinel 1A

No	ID_Scene	Tanggal	Level	Arah
1	S1A_IW_SLC__1SS V_20160125T105742 _20160125T105812_ 009649_00E10F_1B D8	25 Januari 2016	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
2	S1A_IW_SLC__1SS V_20160218T105742 _20160218T105812_ 009999_00EB43_506 2	18 Februari 2016	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
3	S1A_IW_SLC__1SS V_20160430T105744 _20160430T105814_ 011049_010A11_CE DE	30April 2016	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
4	S1A_IW_SLC__1SS V_20160524T105745 _20160524T105815_ 011399_011557_E93 8	24 Mei 2016	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
5	S1A_IW_SLC__1SS V_20160711T105748 _20160711T105818_ 012099_012BB1_91 DD	11 Juli 2016	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
6	S1A_IW_SLC__1SS V_20160828T105750 _20160828T105820_ 012799_0142D7_8D A5	28 Agustus 2016	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
7	S1A_IW_SLC__1SD V_20170320T105742 _20170320T105812_ 015774_019F9E_BE1 B	20 Mei 2017	1.0 (Single Look Complex)	Ascending

Lanjutan Tabel 3.1

No	ID_Scene	Tanggal	Level	Arah
8	S1A_IW_SLC__1SD V_20170612T105746 _20170612T105816_ 016999_01C4F8_016 1.SAFE	12 Juni 2017	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
9	S1A_IW_SLC__1SD V_20170718T105748 _20170718T105818_ 017524_01D4EC_AE 53	18 Juli 2017	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
10	S1A_IW_SLC__1SD V_20170916T105751 _20170916T105821_ 018399_01EFA7_593 1	16 September 2017	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
11	S1A_IW_SLC__1SD V_20170928T105752 _20170928T105821_ 018574_01F4FD_538 9	28 September 2017	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
12	S1A_IW_SLC__1SD V_20171010T105752 _20171010T105822_ 018749_01FA52_E54 4	10 Oktober 2017	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
13	S1A_IW_SLC__1SD V_20180126T105749 _20180126T105819_ 020324_022B72_AB 7B.SAFE	26 Januari 2018	1.0 (Single Look Complex)	Ascending
14	S1A_IW_SLC__1SD V_20180219T105749 _20180219T105818_ 020674_02369F_B12 9	19 Februari 2018	1.0 (Single Look Complex)	Ascending

2. DEM SRTM (*Digital Elevation Model Shuttle Radar Topography Mission*) 30 meter
3. Peta Geologi Kabupaten Ponorogo 1:100.000
4. Peta Tanah Kabupaten Ponorogo 1:100.000

5. Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Ponorogo 1:250.000
6. Peta RBI Topografi Kabupaten Ponorogo 1:25.000
7. Data Curah Hujan Kabupaten Ponorogo
8. Peta Zona Sesar Kabupaten Ponorogo
9. *Shapefile* batas wilayah kecamatan pada Kabupaten Ponorogo

3.2.2 Peralatan

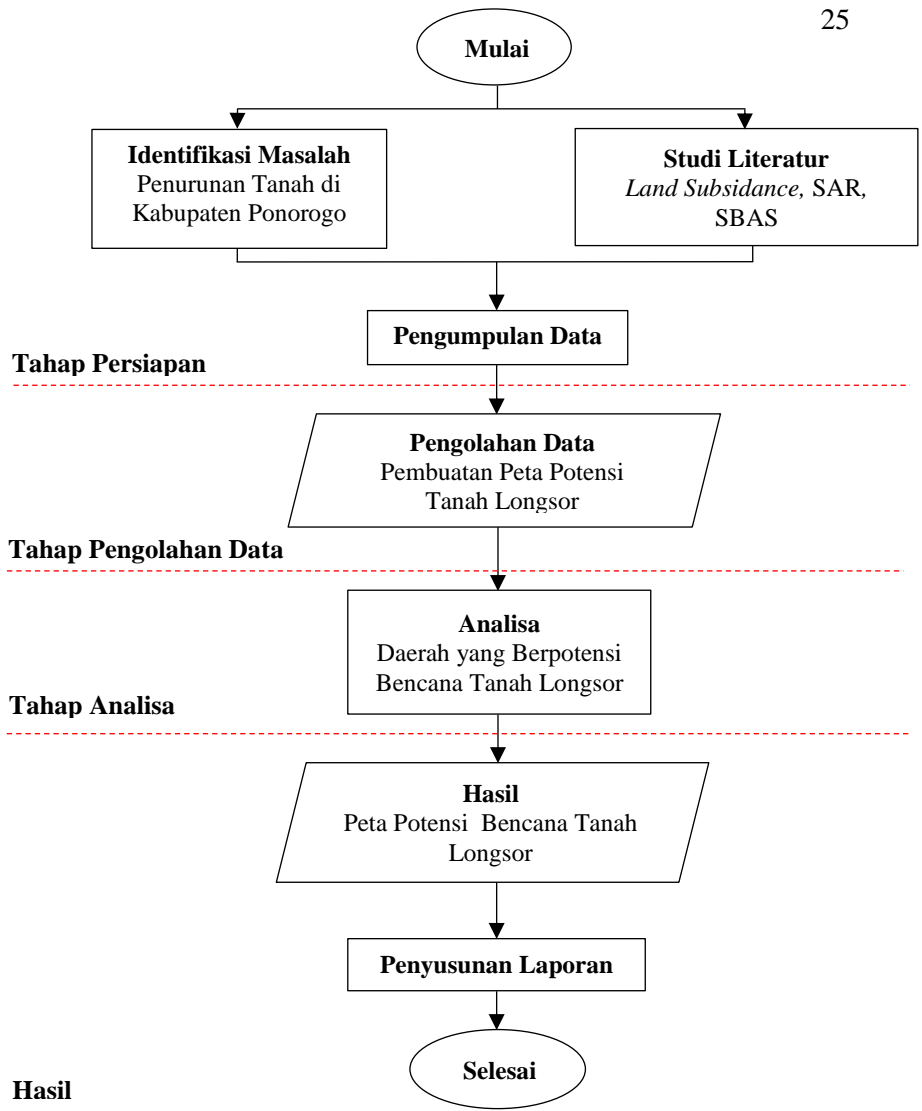
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. ArcGIS
2. GMT 5 dev
3. GMT5SAR
4. Sistem Operasi Ubuntu 16.04 LTS

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Tahapan Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis dan terstruktur. Metode penelitian yang akan dilakukan dijelaskan pada Gambar 3.2 seperti dibawah ini :



Gambar 3. 2 Tahapan Penelitian

Berikut penjelasan tahapan penelitian yang dilakukan :

1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan dilakukan beberapa kegiatan seperti berikut :

i. Identifikasi Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana cara mengetahui adanya penurunan tanah di Kabupaten Ponorogo dengan rata-rata daerahnya adalah pegunungan, dengan melakukan pengamatan dalam kurun waktu 2 tahun (2016 sampai 2018) dengan menggunakan data Sentinel 1A menggunakan teknik *Time series InSAR* yaitu SBAS (*Small Baseline Subset*)

ii. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan penurunan muka tanah, teknologi radar, *Interferometry* SAR, teknik pengolahan SAR, dan literatur lainnya

iii. Pengumpulan Data

Survei sekunder dilakukan untuk mendapatkan informasi tanpa terjun langsung kelapangan. Survei ini dilakukan dengan cara melakukan studi literatur dan mengumpulkan data-data sekunder dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi yaitu Peta Geologi Kabupaten Ponorogo dan Badan Perencanaan Daerah (Bappeda) Kabupaten Ponorogo yaitu Peta Tanah, Peta Tata Guna Lahan, dan Peta Topografi Kabupaten Ponorogo dengan diidentifikasi karakteristik sifat tanah, keadaan topografi, serta penggunaan lahan yang mendukung adanya perubahan deformasi di wilayah tersebut, dan pengamatan curah hujan setiap stasiun pengamatan hujan. Selain itu juga dilakukan pengambilan data dari citra satelit Sentinel 1A sebagai pengamatan potensi pergerakan deformasi.

2. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan terdapat dua jenis data yang diolah yaitu menggunakan citra satelit Sentinel

1A. Untuk pengolahan data fisik digunakan dengan penyajian Pengindraan Jauh. Citra satelit yang digunakan dapat pengamatan pergerakan deformasi (tanah) yang terus bergeser per mili. Metode yang digunakan dalam pengolahan citra tersebut adalah menggunakan metode *Small Baseline Subset* yaitu pendataran, penghapusan topografi dan filtering dengan mengurangi dampak dekorelasi dengan memilih pasangan interferometri. Teknik SBAS cukup reliabel untuk mengetahui gejala deformasi secara tepat dan akurat dan dapat mengetahui rata-rata perubahan deformasi. Pengolahan SAR ini dengan menggunakan DEM SRTM. DEM SRTM digunakan untuk memiliki sistem koodinat geografis yang menyesuaikan koordinat citra radar. Adapun perangkat pengolahan data yang digunakan adalah *software* pengolah data SAR, dan *software* ArcGIS untuk *layout*

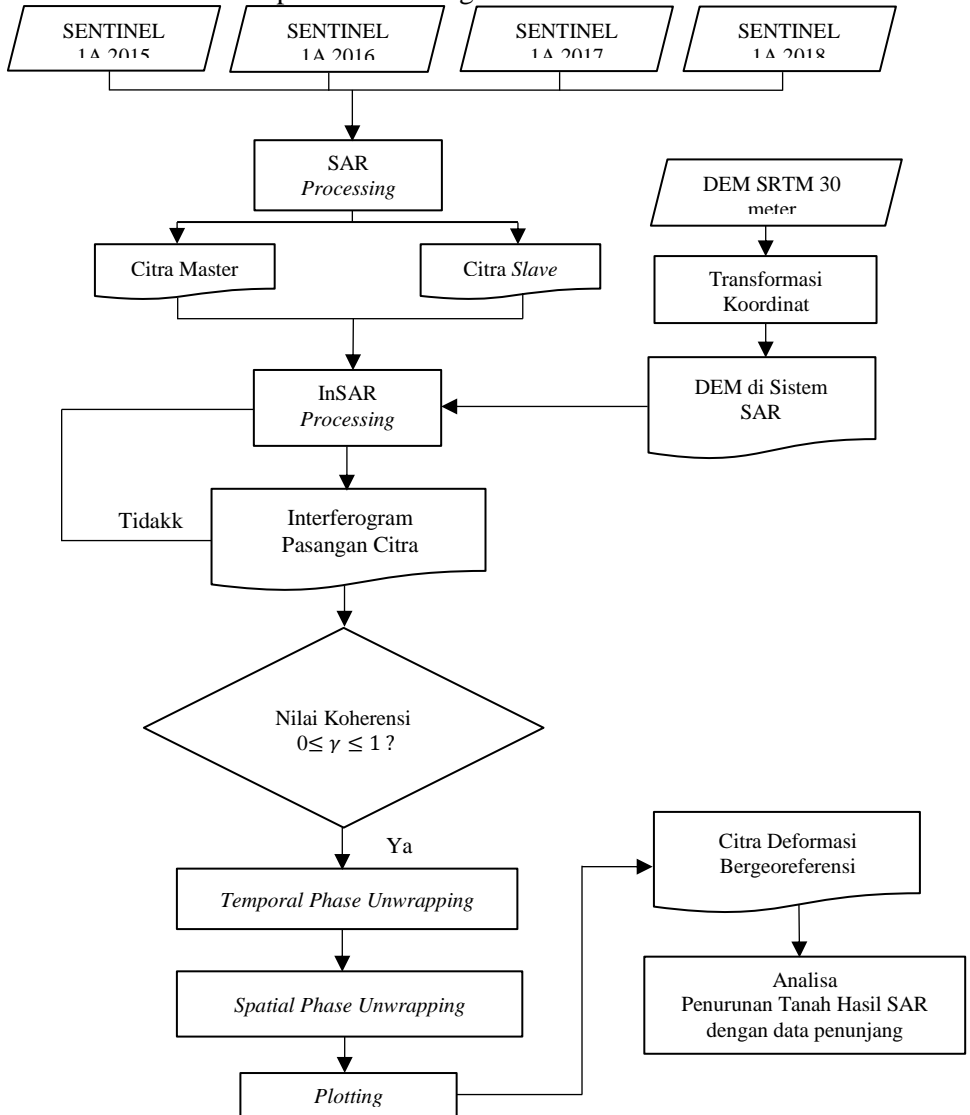
3. Tahap Analisa

Pada tahap analisa ini dilakukan perbandingan besar deformasi setiap wilayah kecamatan Ponorogo dari data tahun 2016, 2017, dan 2018 dari hasil pengolahan SAR. Perubahan deformasi yang besar dan signifikan, menjadi potensi akan terjadinya tanah longsor pada daerah perbukitan. Untuk membuktikan apakah daerah tersebut bisa menjadi potensi longsor, bisa dilihat dari data penunjang, untuk mencocokkan korelasi dari hasil SAR.

4. Tahap Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan metode *Small Baseline Subset* merupakan tahapan akhir dari penelitian Tugas Akhir.

3.3.2 Tahapan Umum Pengolahan SBAS



Gambar 3. 3 Tahapan Pengolahan SBAS Secara Umum

3.3.2 Tahapan Pengolahan SBAS

Dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar, tahapan pengolahan SAR secara umum adalah sebagai berikut :

a. Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah citra Sentinel 1A level 1.0 (*Single Look Complex*) secara *time series* dengan perekaman tanggal 25 Januari 2016, 18 Februari 2016, 30 April 2016, 24 Mei 2016, 11 Juli 2016, dan 28 Agustus 2016, 20 Maret 2017, 12 Juni 2017, 18 Juli 2017, 16 September 2017, 28 September, 10 Oktober 2017, dan 26 Januari – 19 Februari 2018. Karena menggunakan teknik SBAS, diperlukan data DEM SRTM 30 meter untuk mereduksi efek topografi sehingga deformasi pada pasangan citra SAR dapat diamati.

b. SAR Processing

Proses ini dilakukan agar citra terkalibrasi secara radiometrik pada masukan sensornya.

c. Interferometry Synthetic Aperture Radar (InSAR) Processing

Bertujuan untuk membentuk citra interferogram dari sepasang data SLC yang terdiri dari *master* dan *slave* dimana informasi ini berhubungan langsung dengan bentuk topografi namun masih terdapat unsur deformasi, *noise*, dan atmosfer (Sari 2014). Metode *three-pass interferometry* menggunakan satu acuan citra master saja, dan memilih citra *slave* lainnya. Citra *interferogram* menghasilkan beda *phase* antara citra *master* dan *slave*. Pada proses ini citra yang dihasilkan berhubungan langsung dengan bentuk topografi pada wilayah yang diteliti.

d. Small Baseline Subset Processing (SBAS)

Analisis SBAS mengurangi dampak hubungan dekorelasi dengan memilih pasangan interferometri dengan garis temporal dan geometri yang tepat. Nilai dasar maksimum yang diijinkan didefinisikan dan digunakan untuk membatasi pemilihan pasangan

interferogram, untuk menghindari kesalahan fase yang menyebar melalui interferogram, dan juga untuk menyimpan sejumlah interferogram yang berlebihan dalam tumpukan data. SBAS dapat membalikkan tumpukan interferogram *baseline* kecil yang berisi pendekatan dekomposisi. Hasilnya untuk mengeksploitasi hubungan spasial temporal dari tumpukan interferogram yang berlebihan ke dalam pemrosesan interferogram multi – temporal (Gong dkk 2016)

Dari penelitian ini menggunakan citra *interferogram* dari proses *images filtering* juga terdapat efek reduksi topografi menggunakan DEM (*Digital Elevation Model*) SRTM 30 meter dari sistem koordinat radar.

1. Nilai Koherensi

Batas nilai koherensi hasil dua data citra yang digabungkan antara 0 sampai 1. Jika citra 1 dan citra 2 benar-benar identik, maka $\gamma = 1$ (koherensi terbesar). Minimal nilai koherensi yang baik adalah 0,3. Sedangkan 1 menunjukkan bahwa kedua data SAR identik.

2. *Phase Unwrapping* dan *Geocoding*

Citra hasil proses SAR masih dalam satuan radian (satuan sudut fase) dalam rentang -2π dan 2π . Untuk mengetahui pergeseran dalam nilai metrik maka menggunakan rumus *displacement of the earth's surface* sepanjang sensor *Line of Sight (LOS)*, yaitu

$$\Delta r_{\text{disp}} = \frac{\lambda}{4\pi} \Delta\phi \quad (1)$$

Dimana λ merupakan panjang gelombang citra Sentinel sedangkan $\Delta\phi$ adalah perbedaan *phase* (Yulyta 2015) Sedangkan proses *Geocoding* untuk melakukan transformasi koordinat kembali ke geografis

3. *Plotting*

Tahap ini bertujuan untuk menyesuaikan koordinat citra radar ke dalam sistem koordinat global sehingga posisi dari model deformasinya sudah diketahui di permukaan bumi

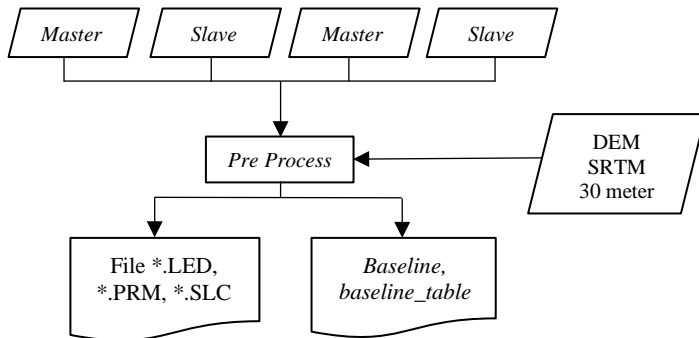
4. Analisa Penurunan Tanah

Tahap analisa bertujuan untuk membandingkan besar deformasi dari hasil penelitian ini dengan penelitian terkait deformasi pada permukaan tanah Kabupaten Ponorogo.

3.3.3 Tahapan Pengolahan SBAS dengan GMTSAR

3.3.3.1 Tahapan pengolahan

Dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar, tahapan-tahapan pengolahan SBAS dengan GMTSAR adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 4 Tahapan Pengolahan SBAS *Pre Process*

a. Tahap *pre-process*

Pada proses ini terdapat *pre-process* adalah kumpulan beberapa data SAR dengan menggunakan parameter yang sama (*earth radius*, *Doppler centroid*, *near range*) untuk membuat semua gambar konsisten secara geometris dengan satu gambar (*supermaster*)

(Tymofyeyeva 2016). Pada *pre-process* mode 1 untuk menentukan *master images*, *alignment strategi*, dan pasangan interferometri serta menghasilkan *baseline_time* dengan tampilan plot *baseline*. Sedangkan pada *pre-process* mode 2 menghasilkan file SLC yang akan digabung membentuk pasangan interferometri.

Tahap ini dilakukan untuk mengoreksi perubahan pola elevasi antena, membuat *cat file manifest*, dengan menyatukan file *aux*, dan orbit ke *xmls*. Dalam proses *pre-process* menyiapkan terlebih dahulu data EOF, tiff, dem.grd, serta *tmp_file*. Selain itu pada mode 2 juga menghasilkan file PRM, LED, masing-masing data SAR, serta file *offset.dat* yang berisi data-data hasil *offset* antara citra *master* dan *slave*.

Tahap *pre-process* dilakukan melalui terminal dengan menggunakan perintah sebagai berikut :

```
Auda-hawin: /SBAS_2016/
preproc_batch_tops.csh data.in
dem.grd 1
preproc_batch_tops.csh data.in
dem.grd 2
```

Dalam hasil *pre-process* menghasilkan data *baseline_table.dat* untuk membuat baseline dan tabel waktu, contoh hasil *baseline_table* adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 2 Hasil *Baseline Table*

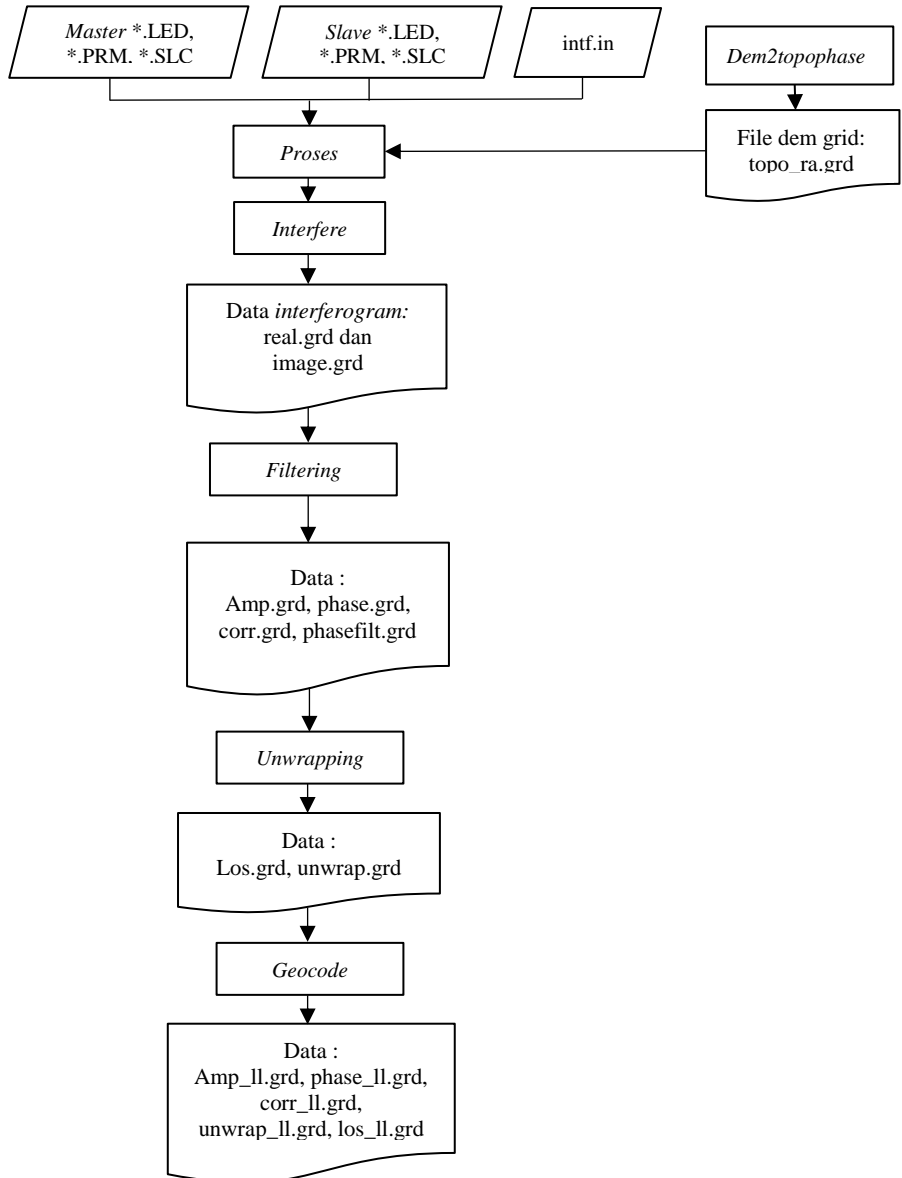
ID_File	Scene_ID	Number of days	Value	Value
S1A20160711_ALL_F2	2016192.457	922	0	0
S1A20160125_ALL_F2	2016024.457	754	30.391038	13.286151
S1A20160218_ALL_F2	2016048.457	778	2.852605	12.142512
S1A20160430_ALL_F2	2016120.457	850	-9.280741	17.881079

Lanjutan Tabel 3.2

ID_File	Scene_ID	Number of days	Value	Value
S1A20160524_ALL_F2	2016144.457	874	-8.748829	-9.230286
S1A20160828_ALL_F2	2016240.457	970	26.068976	4.286911
S1A20161015_ALL_F2	2016288.457	1018	13.728865	-
S1A20161108_ALL_F2	2016312.457	1042	-7.86974	-43.77405
S1A20161202_ALL_F2	2016336.457	1066	-26.856824	-
				59.642501

b. Tahap *Process*

Tahap ini dilakukan untuk membentuk interferogram, dengan mengatur terlebih dahulu *super master* pada *batch_tops.config*. Hasil *interferogram* untuk tumpukan yang digunakan untuk analisis *time series*.



Gambar 3. 5 Tahapan Pengolahan SBAS *Process*

1. Tahap Transformasi Koordinat (*dem2topophase*)

Tahap ini memerlukan data DEM, jenis DEM yang digunakan dalam penelitian ini yaitu DEM SRTM 30 meter yang memiliki sistem koordinat geografis. Pada pengolahan GMTSAR, koordinat yang digunakan dalam sistem koordinat radar, sehingga di butuhkan transformasi koordinat dari koordinat geografis ke koordinat radar. (Febriyanti 2017)

Tahap *dem2topophase* dilakukan pada proses *intf_tops.csh* dengan membutuhkan data dem dan master

2. Tahap *Interfere*

Tahap *interfere* merupakan tahap pemasangan citra SAR untuk membentuk *interferogram*. Dalam proses ini untuk mengurangi efek topografi menggunakan DEM. Proses ini menggunakan data LED, SLC, dan PRM

3. Tahap *Filtering*

Pada tahap ini dilakukan untuk menaikkan nilai *signal noise ratio* pada *interferogram* untuk menghilangkan efek *noise* dan orbit. Pada penelitian ini menggunakan *filter wavelength* 100 dan 300.

4. Tahap *Unwrapping (snaphu)*

Informasi pada *interferogram* masih terbatas $0 - 2\pi$, sehingga menimbulkan masalah ambiguitas. Tahap *phase unwrapping* untuk mengatasi ambiguitas (Saputro 2012)

Tahap *unwrap* digunakan untuk melakukan pemotongan citra yang diperlukan. Pemotongan citra menggunakan data koordinat radar yang berupa *range* dan *azimuth* (Febriyanti 2017). Konfigurasi *snaphu* dilakukan pada file *batch_tops.config*.

```
#####
#   parameters for unwrap phase       #
#   - snaphu.csh                      #
#####
# correlation threshold for snaphu.csh (0~1)
# set it to be 0 to skip unwrapping.
threshold_snaphu = 0.3

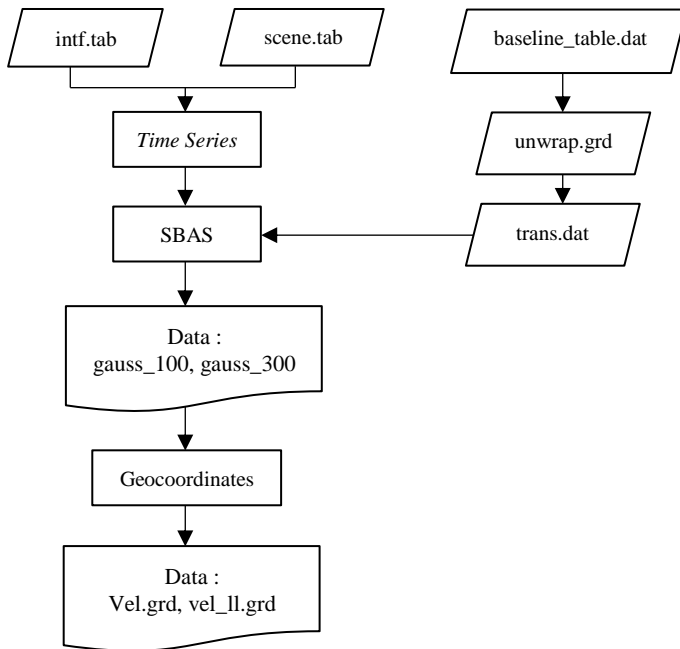
# region to unwrap in radar coordinates
# (leave it blank if unwrap the whole region)
# example format 500/10800/500/27200 -
OPTIONAL
region_cut = 0/24544/3500/13528
```

5. Tahap *Geocode*

Tujuan dari proses *geocode* adalah untuk merubah kembali sistem koordinat radar menjadi koordinat geografis.

c. Tahap SBAS

Teknik SBAS bergantung pada kombinasi *unwrapped interferogram* dengan pemisahan spasial kecil yang tegak lurus terhadap *baseline* antara akuisisi orbit dan interval waktu yang singkat (temporal *baseline*) antara periode akuisisi. Pendekatan SBAS memungkinkan untuk menghasilkan peta kecepatan deformasi rata-rata dari area yang diteliti juga untuk mendeteksi perubahan evolusi temporal dari perpindahan yang sedang berlangsung (Casu 2009).



Gambar 3. 6 Tahapan Pengolahan SBAS

1. Tahap *Time Series*

Pada tahapan *time series* digunakan untuk menyusun beberapa data *interfeerogram* untuk mendapatkan rata – rata LOS (*Line Of Sight*). Dalam tahapan ini, memerlukan data berupa *intf.tab* dan *scene.tab*.

2. Tahap SBAS

Dalam tahapan SBAS menggunakan pendekan interfergram dengan geometri *baseline* kecil yang dipilih berdasarkan analisis deret waktu (Wdowinski 2010). Proses SBAS menggunakan *plot baseline* yang sudah terbentuk pada proses *pre-process* sebelumnya. Selain itu, teknik SBAS menggabungkan keseluruhan

hasil *unwrapping*. Dari hasil *unwrapping* untuk memanfaatkan rata-rata *multilook interferogram* yang relevan ke area sama, sehingga menghasilkan rata-rata kecepatan perubahan citra SAR. Perintah proses SBAS sebagai berikut :

```
# run sbas
#
sbas intf.tab scene.tab 9 5 $xdim
$ydim -smooth 1.0 -wavelength
0.0554658 -incidence 30 -range
800184.946186 -rms -dem
#
```

3. Tahap *Geocoordinates*

Tahap *geocoordinates* sama dengan tahap *geocode*, yaitu mengubah koordinat radar menjadi koordinat geografis.

Langkah proses Sentinel S1A TOPS *Time Series* berupa *script* dapat diunduh pada <http://topex.ucsd.edu/gmtsar/downloads/> . Sedangkan untuk proses pengolahan tahap SBAS, penelitian ini menggunakan *script* dari alamat web : https://github.com/dedetmix/gmt5sar_process/blob/master/proc_SBAS.sh

BAB IV HASIL DAN ANALISA

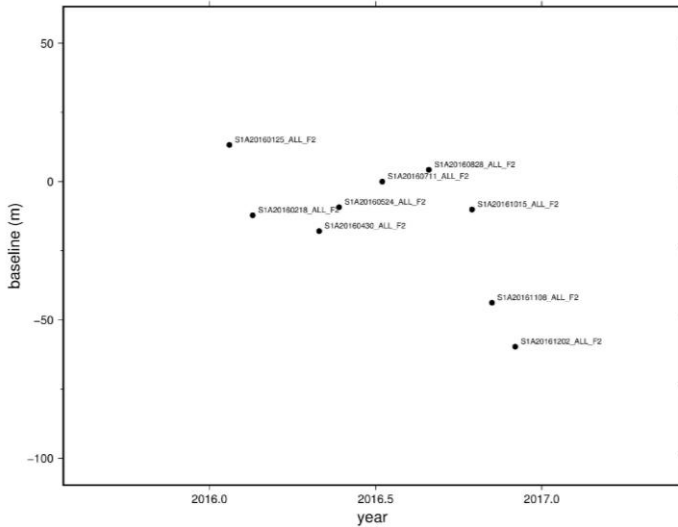
4.1 Panjang *Baseline* dan Interval Waktu

Dalam mengetahui nilai deformasi pada suatu permukaan tanah, dibutuhkan data dengan jarak temporal yang berdekatan. Panjang kecilnya nilai *baseline* dapat mempengaruhi nilai koherensi untuk pembentukan citra *interferogram*. Untuk memperoleh nilai koherensi pasangan citra yang baik, diperlukan jarak temporal yang tidak lebih dari 6 bulan dengan panjang *baseline* tidak lebih dari 150 m (Ferretti dkk 2007).

Semakin pendek panjang nilai *baseline*, maka tingkat Koherensi meningkat karena perbedaan orbit yang tidak terlalu berbeda. Sedangkan besarnya nilai *baseline temporal* jika semakin besar akan menyebabkan *temporal decorrelation* dan berhubungan dengan besarnya nilai koherensi pada citra *interferogram* (Febriyanti 2017).

Menurut (Rosen 2001) dalam (Tizzani 2006) Pada teknik *Small Baseline Subset* (SBAS) menggunakan *baseline spasial* dan temporal yang kecil. Tujuan utama dari penggunaan *baseline* tersebut untuk mengurangi fenomena dekorelasi, dan memaksimalkan jumlah piksel yang dieksploitasi. Algoritma SBAS dimulai dengan pemilihan gambar SAR dengan *baseline spasial* temporal yang kecil. Pendekatan SBAS untuk menganalisis *interferogram* yang dihasilkan oleh *complex averaging* sebagai *multilooking* yang komplek.

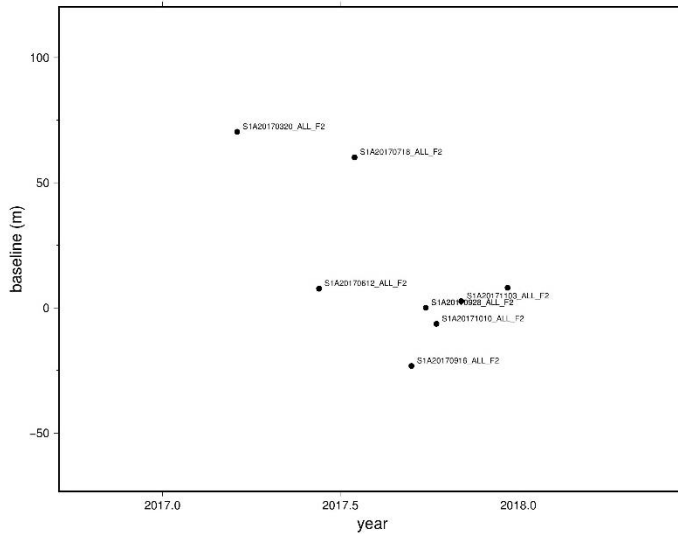
Pada tugas akhir ini digunakan rentang *baseline* yang berdekatan agar dapat menghasilkan hasil *time series* yang pikselnya tidak dipengaruhi oleh efek noise yang disebut sebagai dekorelasi temporal dan fenomena spasial^[3]. Pada pemasangan DInSAR terdapat pengolahan yang gagal dan tidak dapat dipasangkan kembali. Rentang *baseline* pada pemasangan citra 2016 diketahui sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Rentang *baseline* citra 2016

Pada rentang *baseline* keseluruhan citra 2016, diketahui rapat dan jarak antar *baseline* kurang dari 50 meter. Sehingga menunjukkan kualitas dari proses SBAS baik. Rentang waktu yang diambil juga berdekatan dengan selang waktu 1 bulan agar menghindari rentang *baseline* yang panjang. Semakin pendek rentang *baseline* maka semakin bagus.

Sedangkan rentang *baseline* pada pemasangan citra tahun 2017 sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Rentang baseline citra 2017

Pada tabel dapat dilihat panjang *baseline perpendicular* dan jarak temporal sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Panjang *Baseline* dan Jarak Temporal

ID_SCENE	Tanggal	<i>Baseline Perpendicular</i> (m)	<i>Baseline Temporal</i> (days)
S1A_IW_SLC__1SSV_20160218T105742_20160218T105812_009999_00EB43_5062	25 Januari 2016 – 18 Februari 2016	29	24
S1A_IW_SLC__1SSV_20160430T105744_20160430T105814_011049_010A11_CEDÉ	18 Februari 2016 – 30 April 2016	8	72
S1A_IW_SLC__1SSV_20160430T105744_20160430T105814_011049_010A11_CEDÉ	30 April 2016 – 24 Mei 2016	9	24

Lanjutan Tabel 4.1

ID_SCENE	Tanggal	Baseline Perpendicular (m)	Baseline Temporal (days)
S1A_IW_SLC__1SSV_ 20160524T105745_201 60524T105815_011399 _011557_E938	24 Mei 2016 – 11 Juli 2016	6	48
S1A_IW_SLC__1SSV_ 20160828T105750_201 60828T105820_012799 _0142D7_8DA5	11 Juli 2016 – 28 Agustus 2016	5	48
S1A_IW_SLC__1SDV_ _20170612T105746_20 170612T105816_01699 9_01C4F8_0161	20 Mei 2017 – 12 Juni 2017	-66	84
S1A_IW_SLC__1SDV_ _20170718T105748_20 170718T105818_01752 4_01D4EC_AE53	12 Juni 2017 - 18 Juli 2017	52	36
S1A_IW_SLC__1SDV_ _20170916T105751_20 170916T105821_01839 9_01EFA7_5931	18 Juli 2017 – 16 September 2017	-87	60
S1A_IW_SLC__1SDV_ _20171010T105752_20 171010T105822_01874 9_01FA52_E544	28 September 2017 – 10 Oktober 2017	-7	36
S1A_IW_SLC__1SDV_ _20180219T105749_20 180219T105818_02067 4_02369F_B129	26 Januari 2018 – 19 Februari 2018	-64	24

4.2 Nilai Phase Unwrapping

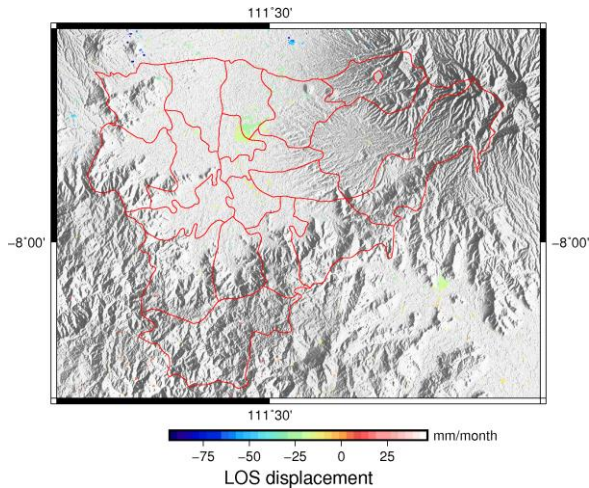
Proses *phase unwrapping* memiliki efek mengembalikan *wrapped phase* ke *continuous phase* yang melompat setiap 2π . (Gdeisat 2011). *Phase Unwrapping* bertujuan untuk mendapatkan bilangan bulat dari putaran untuk ditambahkan pada fase termodulo sehingga nilai fase yang tidak ambiguitas dari setiap piksel citra dapat diperoleh.

Hasil *unwrapping* pada pemasangan DInSAR dapat diketahui sebagai berikut :

1. DInSAR 2016

Pada proses DInSAR tahun 2016 menggunakan konfigurasi *threshold snaphu* 0,3 dan *filter wavelength* 100 menghasilkan hasil *line of sight* (LOS) sebagai berikut:

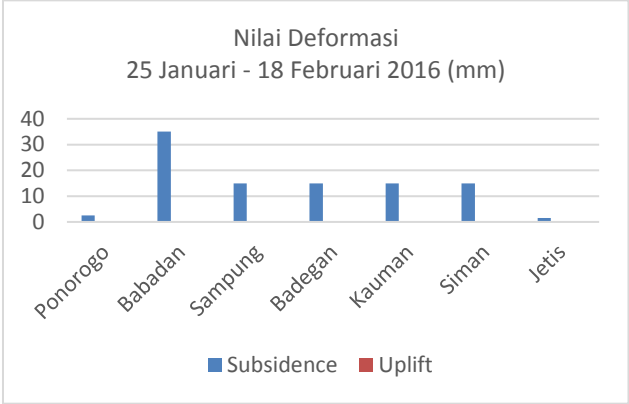
a. Pemasangan citra 25 Januari – 18 Februari 2016



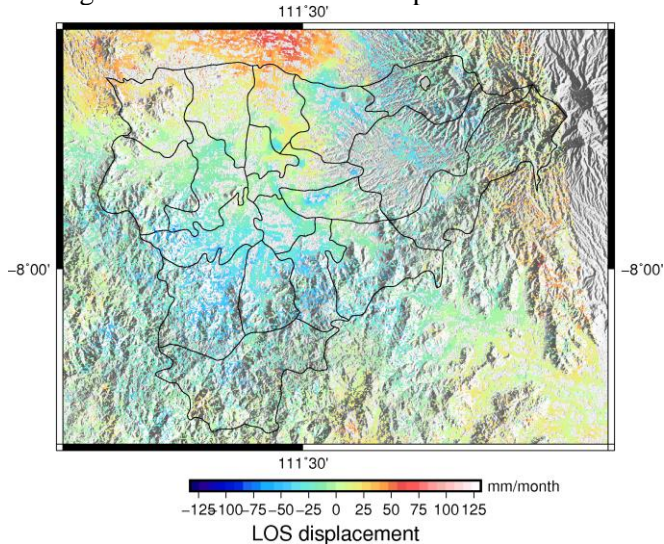
Gambar 4. 3 Pemasangan citra 25 Januari – 18 Februari 2016

Hasil dari pemasangan citra 25 Januari – 18 Februari tidak tampak terlihat perubahan yang banyak. Perubahan terjadi pada kecamatan Ponorogo mengalami perubahan *subsidence* sebesar 25 mm selama bulan Januari-Februari 2016. Kecamatan Babadan mengalami perubahan *subsidence* sebesar 35 mm selama bulan Januari-Februari 2016. Sedangkan Kecamatan Sampung, Badegan, Kauman, Siman, dan Jetis mengalami perubahan *subsidence* sebesar 30 mm selama bulan Januari-Februari 2016.

Tabel 4. 2 Grafik Laju Perubahan Deformasi 25 Januari - 18 Februari 2016



b. Pemasangan citra 18 Februari – 30 April 2016

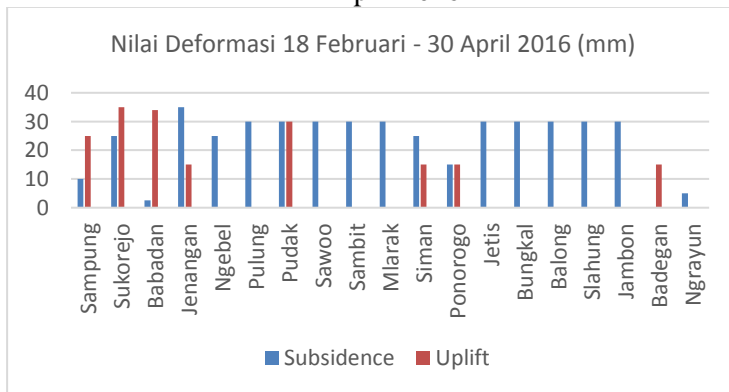


Gambar 4. 4 Pemasangan citra 18 Februari – 30 April 2016

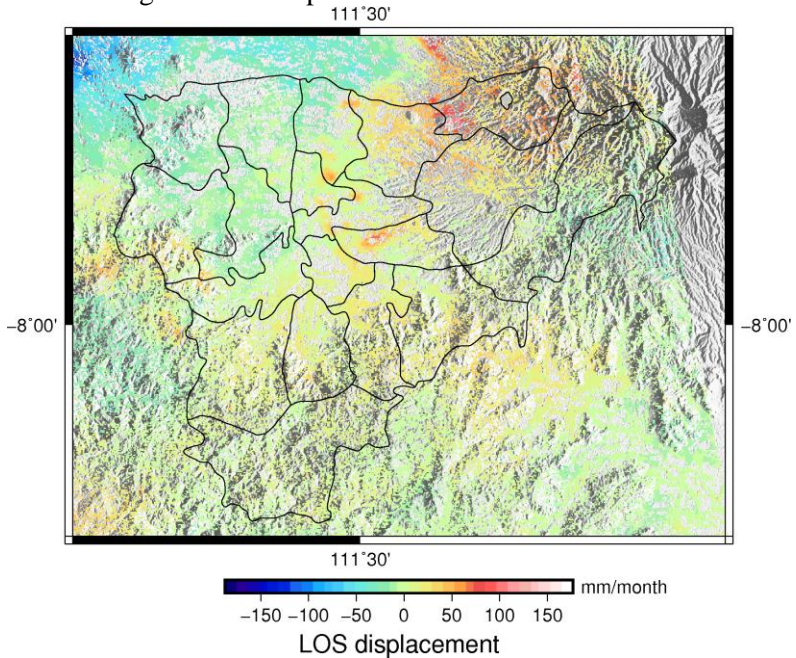
Pada pemasangan DInSAR pada tanggal 18 Februari – 30 April 2016, terlihat *subsidence*. Kecamatan Sampung mengalami perubahan *subsidence* sebesar 1 cm selama bulan Februari – April 2016. Kecamatan Sukorejo, Kecamatan Babadan, Ngebel, dan Siman mengalami perubahan *subsidence* sebesar 25 mm selama bulan Februari – April 2016. Kecamatan Pulung, Pudak, Sawoo, Sambit, Mlarak, Jetis, Bungkal, Balong, Slahung, Jambon mengalami perubahan *subsidence* sebesar 30 mm selama bulan Februari – April 2016. Kecamatan Ngebel, Sukorejo, Babadan, dan Siman perubahan *subsidence* sebesar 25 mm selama bulan Februari - April 2016. Kecamatan Ponorogo mengalami perubahan *subsidence* sebesar 15 mm selama bulan Februari - April 2016. Kecamatan Ngrayun mengalami perubahan *subsidence* sebesar 5 mm selama bulan Januari-Februari 2016.

Sedangkan perubahan *uplift* terjadi pada Kecamatan Sampung sebesar 25 mm selama bulan Februari – April 2016. Kecamatan Sukorejo, Babadan perubahan *uplift* sebesar 35 mm selama bulan Februari – April. Sedangkan Kecamatan Jenangan, Siman, Ponorogo, Badegan mengalami perubahan *uplift* sebesar 15 mm selama bulan Februari – April 2016.

Tabel 4. 3 Grafik Laju Perubahan Deformasi 18 Februari – 30 April 2016



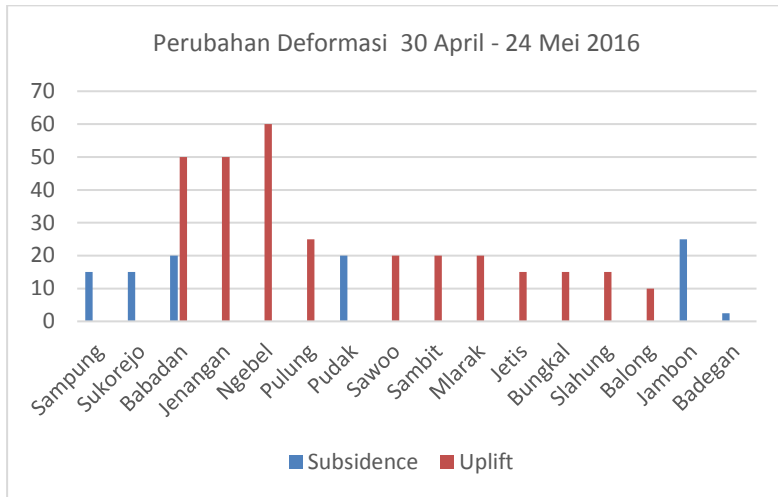
c. Pemasangan citra 30 April – 24 Mei 2016



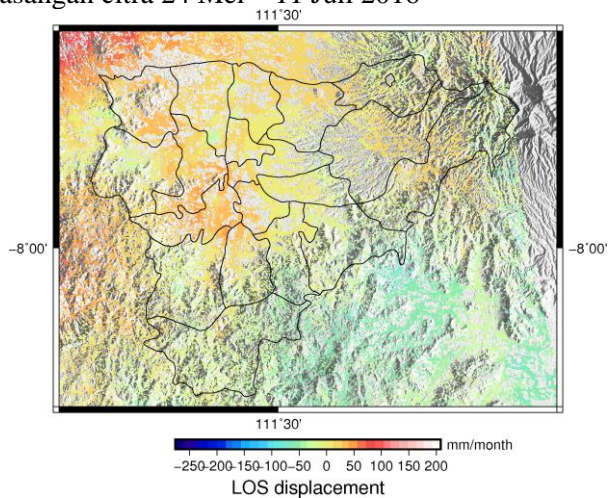
Gambar 4. 5 Pemasangan citra 30 April – 24 Mei 2016

Pada pemasangan DInSAR 30 April – 24 Mei 2016 terjadi perubahan *subsidence* pada Kecamatan Sampung dan Sukorejo sebesar 15 mm selama bulan April – Mei 2016. Kecamatan Babadan dan Pudak perubahan *subsidence* sebesar 20 mm selama bulan April – Mei 2016. Kecamatan Jambon dan Badegan perubahan *subsidence* sebesar 25 mm selama bulan April – Mei 2016.

Tabel 4. 4 Grafik Laju Perubahan Deformasi 30 April – 24 Mei 2016



d. Pemasangan citra 24 Mei – 11 Juli 2016

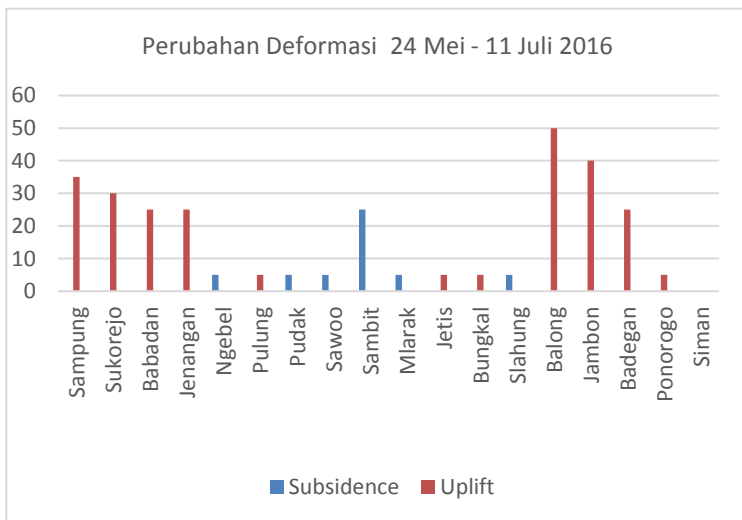


Gambar 4. 6 Pemasangan citra 24 Mei – 11 Juli 2016

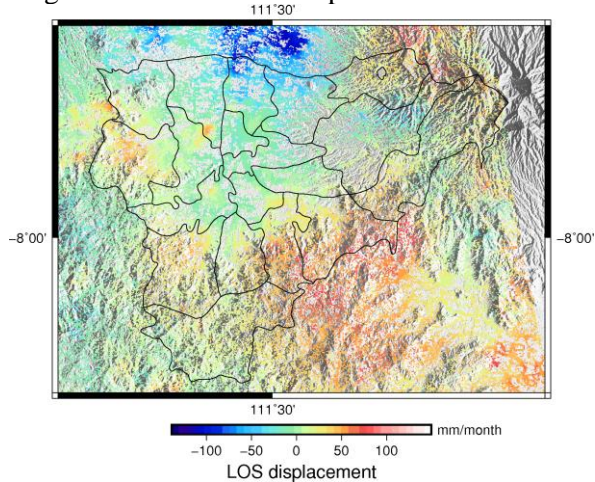
Pada pemasangan DInSAR 24 Mei – 11 Juli 2016 terjadi perubahan *subsidence* pada Kecamatan Ngebel, Pudak, Sawoo, Mlarak, dan Slahung sebesar 5 mm selama bulan Mei - Juli 2016. Sedangkan Kecamatan Sambit mengalami perubahan *subsidence* sebesar 25 mm selama bulan Mei - Juli 2016.

Sedangkan perubahan *uplift* terjadi pada Kecamatan Sampung sebesar 35 mm selama bulan Mei - Juli 2016. Kecamatan Sukorejo sebesar 30 mm selama bulan Mei - Juli 2016. Kecamatan Babadan, Jenangan, dan Badegan sebesar 25 mm selama bulan Mei - Juli 2016. Kecamatan Balong sebesar 50 mm selama bulan Mei - Juli 2016. Kecamatan Jambon sebesar 40 mm selama bulan Mei - Juli 2016. Kecamatan Pulung, Jetis, Bungkal, dan Ponorogo sebesar 5 mm selama bulan Mei - Juli 2016.

Tabel 4. 5 Grafik Laju Perubahan Deformasi 30 April – 24 Mei 2016



e. Pemasangan citra 11 Juli – 28 September 2016

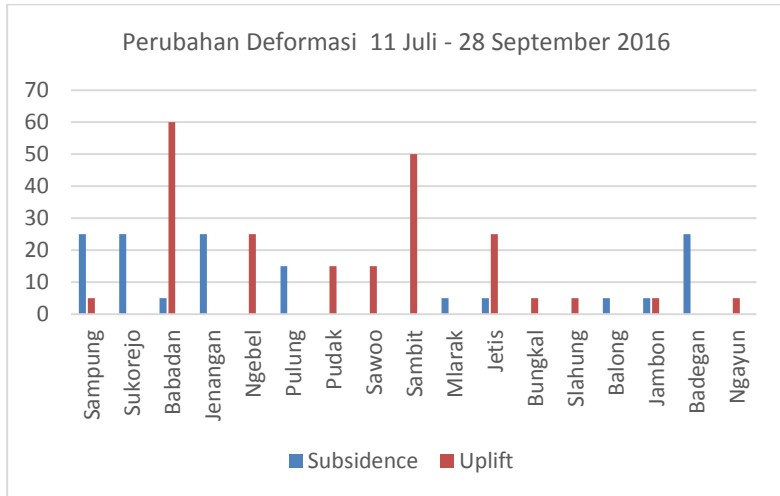


Gambar 4. 7 Pemasangan citra 11 Juli – 28 September 2016

Pemasangan DInSAR pada tanggal 11 Juli – 28 September 2016, terjadi perubahan *subsidence* pada Kecamatan Sampung, Sukorejo, dan Jenangan sebesar 25 mm selama bulan Juli – September 2016. Kecamatan Pulung mengalami perubahan *subsidence* sebesar 15 mm selama bulan Juli – September 2016. Sedangkan Kecamatan Babadan, Mlarak, Jetis, Balong, dan Jambon mengalami perubahan *subsidence* sebesar 5 mm selama bulan Juli – September 2016.

Sedangkan perubahan *uplift* pada Kecamatan Sampung, Bungkal, Slahung, Jambon, dan Ngrayun sebesar 5 mm selama bulan Juli – September 2016. Kecamatan Babadan mengalami *uplift* sebesar 60 mm selama bulan Juli – September 2016. Kecamatan Sambit mengalami *uplift* sebesar 50 m selama bulan Juli – September 2016. Kecamatan Ngebel, Jetis, dan Badegan Sambit mengalami *uplift* sebesar 25 mm selama bulan Juli – September 2016. Kecamatan Pudak, Sooko, dan Sawoo mengalami *uplift* sebesar 15 mm selama bulan Juli – September 2016.

Tabel 4. 6 Grafik Laju Perubahan Deformasi 11 Juli – 28 September 2016

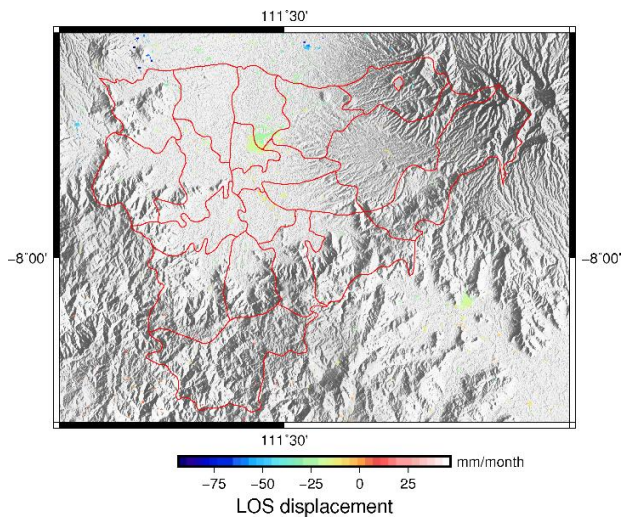


Pada proses DInSAR tahun 2017 menggunakan konfigurasi *threshold snaphu* 0,3 dan *filter wavelength* 300 menghasilkan hasil *line of sight* (LOS) sebagai berikut:

a. Pemasangan citra 20 Maret – 12 Juni 2017

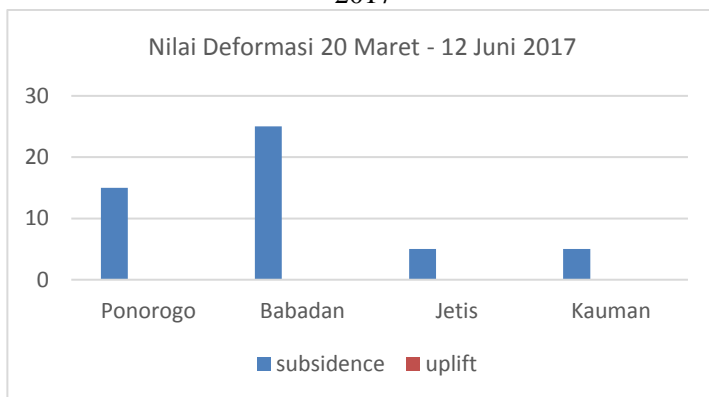
Pada pemasangan DInSAR 20 Maret – 12 Juni 2017, citra yang dihasilkan SAR banyak mengalami kekosongan, yang diakibatkan dengan menaikkan nilai *filter wavelength*.

Pada hasil tersebut, hanya terdapat perubahan *subsidence* pada Kecamatan Ponorogo dengan nilai 15 mm selama bulan Maret – Juni 2017, Kecamatan Babadan dengan nilai 25 mm selama bulan Maret – Juni 2017, sedangkan Kecamatan Jetis dan Kauman dengan nilai 5 mm selama bulan Maret – Juni 2017.

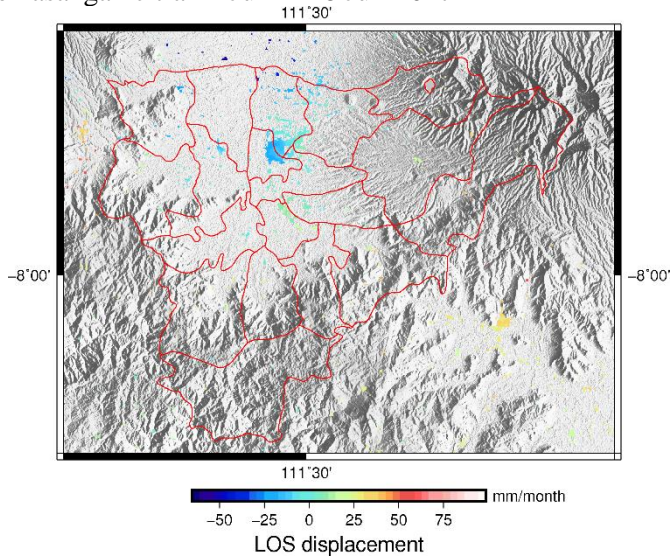


Gambar 4. 8 Pemasangan citra 20 Maret – 12 Juni 2017

Tabel 4. 7 Grafik Laju Perubahan Deformasi 20 Maret – 12 Juni 2017



b. Pemasangan citra 12 Juni – 18 Juli 2017

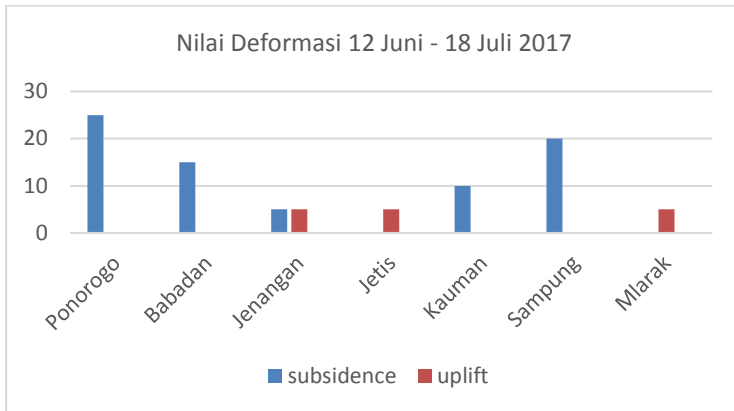


Gambar 4. 9 Pemasangan citra 12 Juni – 18 Juli 2017

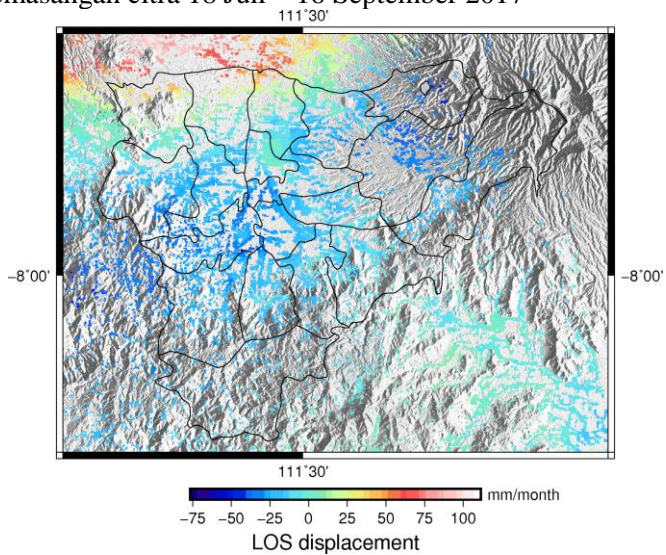
Pada pemasangan DInSAR 12 Juni – 18 Juli 2017 terjadi perubahan *subsidence* pada Kecamatan Ponorogo 25 mm selama bulan Juni – Juli 2017. Kecamatan Babadan mengalami perubahan sebesar 15 mm selama bulan Juni – Juli 2017. Kecamatan Jenangan mengalami perubahan sebesar 5 mm selama bulan Juni – Juli 2017. Kecamatan Kauman mengalami perubahan sebesar 10 mm selama bulan Juni – Juli 2017. Kecamatan Sampung mengalami perubahan sebesar 20 mm selama bulan Juni – Juli 2017.

Sedangkan perubahan *uplift* terjadi pada Kecamatan Jenangan, Jetis dan Mlarak sebesar 5 mm mengalami perubahan sebesar 1 cm selama bulan Juni – Juli 2017.

Tabel 4. 8 Grafik Laju Perubahan Deformasi 12 Juni – 18 Juli 2017



c. Pemasangan citra 18 Juli – 16 September 2017



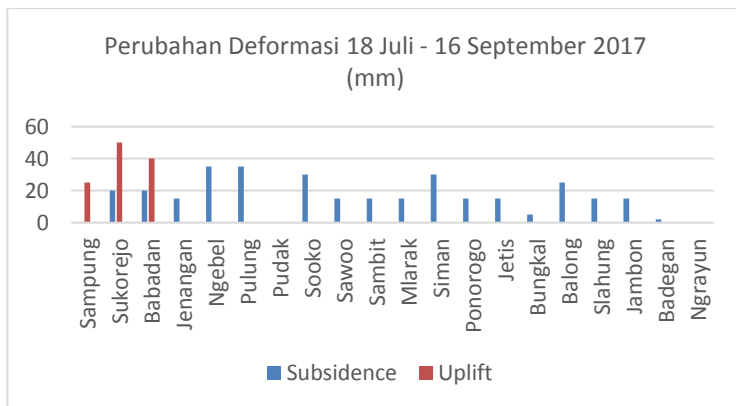
Gambar 4. 10 Pemasangan citra 18 Juli – 16 September 2017

Pada pemasangan DInSAR 18 Juli – 16 September 2017 terjadi perubahan *subsidence* pada Kecamatan Sukorejo, Babadan, dan Badegan dengan perubahan nilai 20 mm selama bulan Juli – September 2017. Kecamatan Ngebel dan Pulung dengan perubahan nilai 35 mm selama bulan Juli – September 2017. Kecamatan Sooko, dan Siman dengan perubahan nilai 30 mm selama bulan Juli – September 2017. Kecamatan Jenangan, Sokoo, Sawoo, Sambit, Mlarak, Ponorogo, Jetis, Slahung, dan Jambon dengan perubahan nilai 15 mm selama bulan Juli – September 2017. Kecamatan Bungkal dengan perubahan nilai 5 mm selama bulan Juli – September 2017. Kecamatan Badegan dengan perubahan nilai 20 mm selama bulan Juli – September 2017.

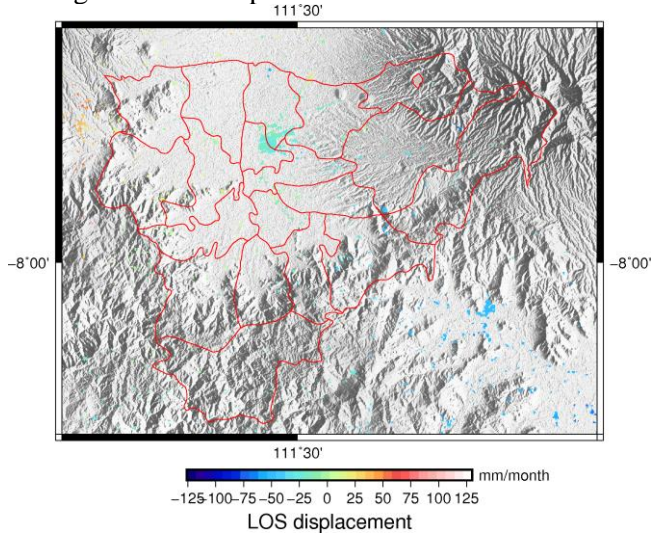
Perubahan *uplift* terjadi pada Kecamatan Sampung dengan perubahan nilai 25 mm selama bulan Juli – September 2017. Kecamatan Sukorejo dengan perubahan nilai 50 mm selama bulan Juli – September 2017. Kecamatan Babadan dengan perubahan nilai 40 mm selama bulan Juli – September 2017.

Sedangkan daerah yang tidak mengalami perubahan baik *subsidence* maupun *uplift* adalah Kecamatan Pudakn dan Ngrayun.

Tabel 4. 9 Grafik Laju Perubahan Deformasi 18 Juli – 16 September 2017



d. Pemasangan citra 28 September – 10 Oktober 2017

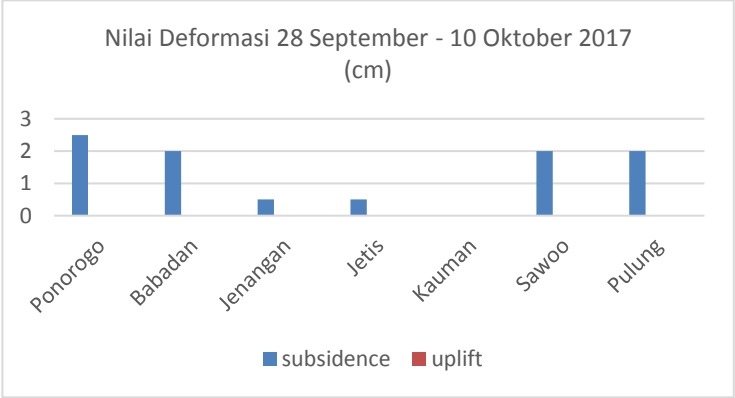


Gambar 4. 11 Pemasangan citra 28 September – 10 Oktober 2017

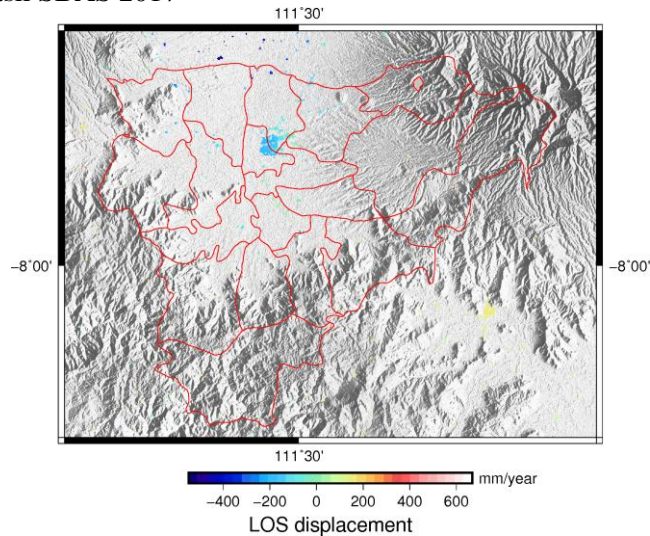
Pada pemasangan DInSAR 28 September – 10 Oktober, terjadi perubahan *subsidence* pada kecamatan Ponorogo sebesar 25 mm selama bulan September – Oktober 2017. Kecamatan Babadan sebesar 2 cm selama bulan September – Oktober 2017. Kecamatan Jenangan dan Jetis sebesar 5 mm selama bulan September – Oktober 2017. Kecamatan Sawoo dan Pulung sebesar 20 mm selama bulan September – Oktober 2017.

Sedangkan daerah yang tidak mengalami perubahan baik.

Tabel 4. 10 Grafik Laju Perubahan Deformasi 28 September – 10 Oktober 2017



e. Hasil SBAS 2017



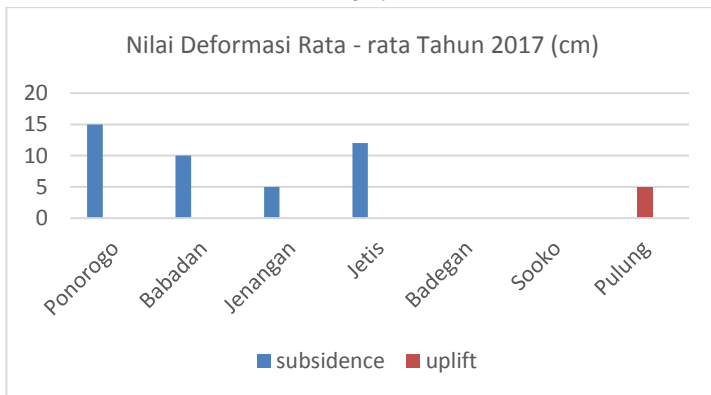
Gambar 4. 12 Hasil Pengolahan SBAS 2017

Hasil SBAS merupakan penggabungan dari hasil DInSAR sebelumnya di tahun 2017. Hasil SBAS merata-ratakan daerah mana saja yang secara konstan terjadi perubahan deformasi. Dari hasil SBAS diketahui daerah yang mengalami perubahan *subsidence* yang terjadi pada Kecamatan Ponorogo dengan nilai 150 mm selama bulan Maret – Oktober 2017. Kecamatan Babadan dengan nilai 100 mm selama bulan Maret – Oktober 2017. Kecamatan Jenangan dengan nilai 50 mm selama bulan Maret – Oktober 2017. Kecamatan Jetis dengan nilai 120 mm selama bulan Maret – Oktober 2017.

Daerah yang mengalami *uplift* terjadi pada Kecamatan Pulung dengan nilai 50 mm selama bulan Maret – Oktober 2017.

Sedangkan daerah yang tidak mengalami perubahan baik *subsidence* maupun *uplift* terjadi pada Kecamatan Badegan dan Sooko.

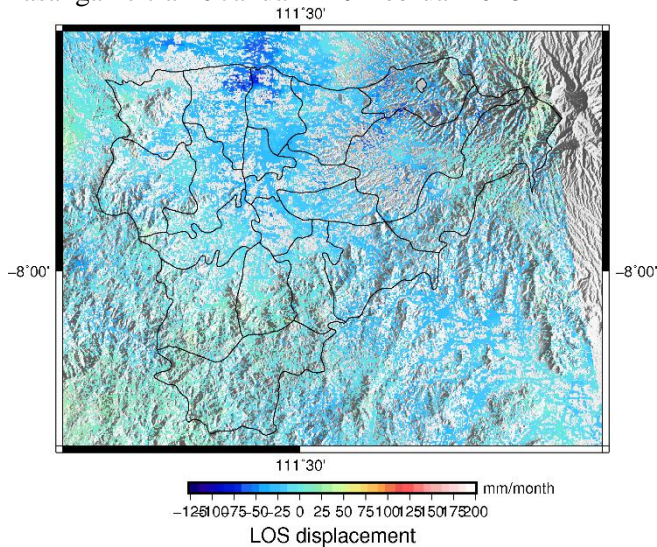
Tabel 4. 11 Grafik Laju Perubahan Deformasi Maret – Oktober 2017



3. DInSAR 2018

Pada proses DInSAR 2018, digunakan konfigurasi *threshold snaphu* 0,3 dan *filter wavelength* 100 menghasilkan hasil *line of sight* (LOS) sebagai berikut:

a. Pemasangan citra 26 Januari - 19 Februari 2018

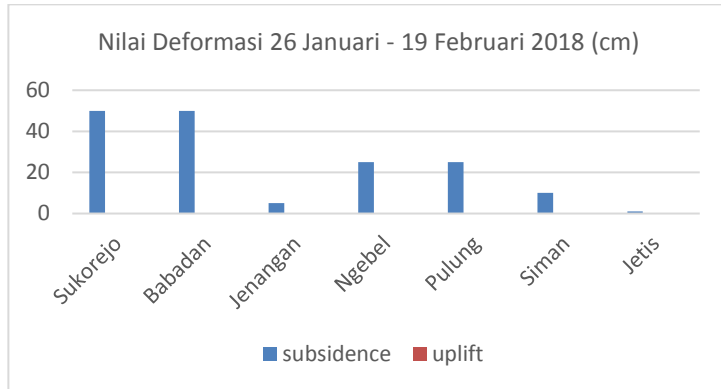


Gambar 4. 13 Pemasangan citra 26 Januari - 19 Februari 2018

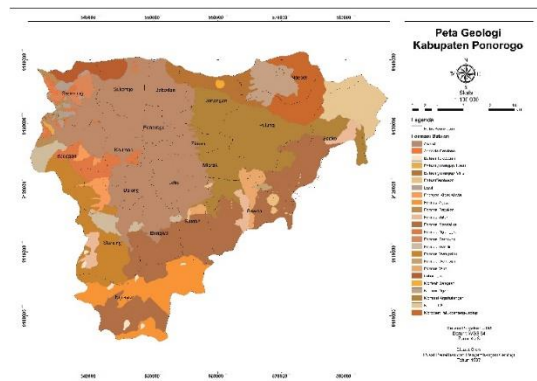
Pada hasil DInSAR 26 Januari – 19 Februari ini terjadi perubahan *subsidence* pada Kecamatan Sekorejo dan Babadan sebesar 50 mm selama bulan 26 Januari - 19 Februari 2018. Kecamatan Jenangan dengan nilai perubahan *subsidence* 5 mm selama bulan 26 Januari - 19 Februari 2018. Kecamatan Ngebel dan Kecamatan Pulung dengan nilai perubahan *subsidence* 25 mm selama bulan 26 Januari - 19 Februari 2018. Kecamatan Siman dan Jetis dengan nilai perubahan *subsidence* 10 mm selama bulan 26 Januari - 19 Februari 2018.

Pada hasil DInSAR ini tidak ada daerah yang mengalami *uplift*.

Tabel 4. 12 Grafik Laju Perubahan Deformasi 26 Januari - 19 Februari 2018



4.3 Analisis Kondisi Geologi



Gambar 4. 14 Peta Geologi Kabupaten Ponorogo
(Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi 1997)

a. Aluvium

Berdasarkan sifat dari geologi, sebagian besar sifat geologi Kabupaten Ponorogo memiliki sifat “Aluvial” pada daerah tengah

Kabupaten Ponorogo. Aluvial terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, dan lumpur sebagai endapan sungai. Tanah Aluvial mudah mengalami erosi tanah. Daerah yang memiliki sifat aluvial adalah Kecamatan Sampung, Badegan, Kauman, Balong, Slahung, Bungkal, Sambit, Jetis, Mlarak, Siman, Ponorogo, Babadan, dan Sukorejo.

b. Formasi Dayakan

Sebelah timur Kabupaten Ponorogo, sebagian besar mempunyai sifat “Formasi Dayakan”. Formasi Dayakan mempunyai sifat perulangan batu pasir dan batu lempung dengan tebal puluhan cm. Sifat lempung yang dapat menyerap air dan memiliki sifat menyusut dan mengembang.

Daerah yang memiliki sifat Formasi Dayakan adalah Kecamatan Siman, Mlarak, Jenangan, Pulung, Sokoo, dan Sawoo.

c. Formasi Mandalika

Formasi Mandalika adalah perselingan lava, breksi gunung api dan tuf, bersisipan batu pasir tufan, batu lanau, dan batu lempung. Batu pasir tufan disusun oleh keratan batuan beku, kuarsa, felspar, dan mineral bijih. Batu lanau adalah runtuh klastik gunung api. Sedangkan batu lempung mengandung foraminifera kecil bentos berselingan dengan lava.

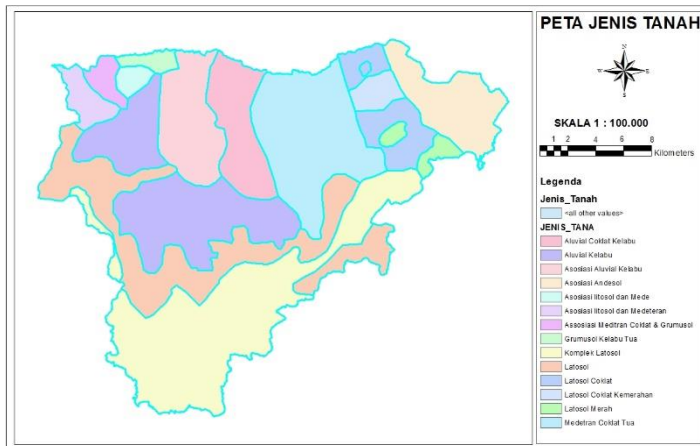
Sebagian timur dan selatan Kabupaten Ponorogo memiliki sifat Formasi Mandalika. Formasi Mandalika tersusun dari lava andesitik basaltik, porfiri, petite, ryholite, dan dasit. Formasi Mandalika memiliki ketebalan 80-200 meter.

Daerah yang memiliki sifat Formasi Mandalika adalah Kecamatan Pudak, Sooko, Sawoo, Sambit, Bungkal, Slahung, dan Ngrayun.

4.4 Analisis Jenis Tanah

Jenis tanah sebagian besar didominasi oleh Latosol, Alluvial Kelabu dan Asosiasi Alluvial Kelabu sedangkan sisanya antara lain adalah jenis tanah Mediteran coklat tua, Alluvial kelabu coklat,

dan Asosiasi mediteran coklat. Peta jenis tanah Kabupaten Ponorogo dapat dilihat pada Gambar



Gambar 4. 15 Peta Jenis Tanah
(Sumber : Bappeda Kabupaten Ponorogo 2001)

a. Tanah Latosol

Tanah lain yang mempunyai kandungan liat tinggi ($\geq 60\%$), remah sampai gumpal, gembur dan warna homogen pada penampang tanah dalam dengan batas horison baur, KB 50% atau lebih (NH_4OAc), tidak mempunyai horison penciri (kecuali jika tertimbun ≥ 50 cm bahan baru) selain horison A molik atau horison B kambik, tidak memperlihatkan gejala plintit di dalam kedalaman 125 cm dari permukaan, dan tidak memiliki sifat vertik. (Subardja, 2014)

Tanah Latosol dimiliki pada Kecamatan Badegan, Jambon, Balong, Slahung, Bungkal, dan Sambit. Tanah Latosol memiliki sifat tanah yang gembur, daya tanah air cukup baik, dan tahan terhadap erosi tanah

b. Asosiasi Andesol

Andesol mempunyai sifat daya tahan air tinggi, memiliki sifat kering tak balik, dan konsistensi tanahnya plastis dan tidak lekat

Daerah yang memiliki sifat Asosiasi Andesol adalah Kecamatan Ngebel, Pulung, Pudak, Sooko, Sawoo, Sambit, dan Ngrayun. Daerah tersebut berada di ketinggian 600-1000 mdpl.

c. Alluvial kelabu

Tanah terbentuk dari bahan endapan muda (aluvium), mempunyai horison penciri A okrik, umbrik, histik, tekstur lebih halus dari pasir berlempung pada kedalaman 25-100 cm, berlapis-lapis. (Subardja 2014)

Daerah yang memiliki sifat Aluvial Kelabu berada di Kecamatan Sampung, Kauman, dan Jambon. Aluvial Kekabu terbentuk dari lumpur sungai yang mengendap di dataran rendah, terdapat pada lahan yang sering atau baru mengalami banjir. Tanah aluvial kelabu terdapat pada daerah yang datar.

d. Mediteran Coklat Tua

Tanah lain yang mempunyai horison E albik di atas suatu horison dengan permeabilitas lambat (horison B argilik atau natrik yang memperlihatkan perubahan tekstur nyata, liat tinggi, fragipan) di dalam kedalaman 125 cm dari permukaan, memperlihatkan ciri hidromorfik sekurang-kurangnya sebagian lapisan dari horison E (Subardja 2014).

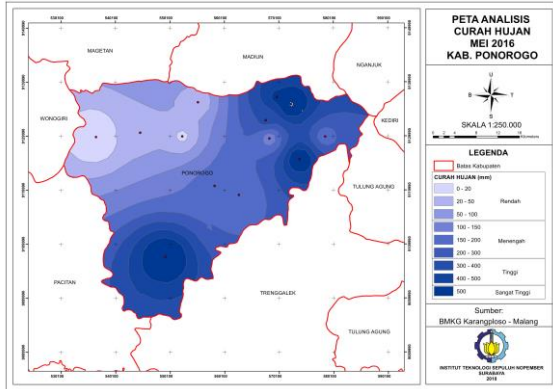
Daerah yang memiliki sifat Mediteran Coklat Tua adalah Kecamatan Jenangan dan Pulung. Tanah mediteran merupakan hasil pelapukan batuan kapur keras dan batuan sedimen. Warna tanah ini berkisar antara merah sampai kecoklatan. Tanah mediteran banyak terdapat pada dasar-dasar dolina dan merupakan tanah pertanian yang subur di daerah kapur daripada jenis tanah kapur yang lainnya (Rahman 2014).

4.5 Analisis Curah Hujan

Pada tugas akhir ini, pengamatan curah hujan dilakukan dengan mengambil data curah hujan 19 pos pengamatan curah hujan di Kabupaten Ponorogo. Data curah hujan didapatkan dari data BMKG. Dari data curah hujan didapatkan berupa angka lalu di interpolasi.

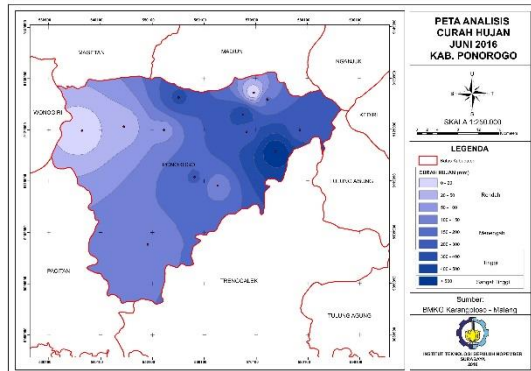
a. Pengamatan Curah Hujan Mei 2016

Pada bulan Mei 2016, seluruh Kabupaten Ponorogo mengalami rata-rata curah hujan sebesar 100 mm-300 (menengah).



Gambar 4. 16 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan Mei 2016
(Sumber : BMKG 2016)

b. Pengamatan Curah Hujan Juni 2016

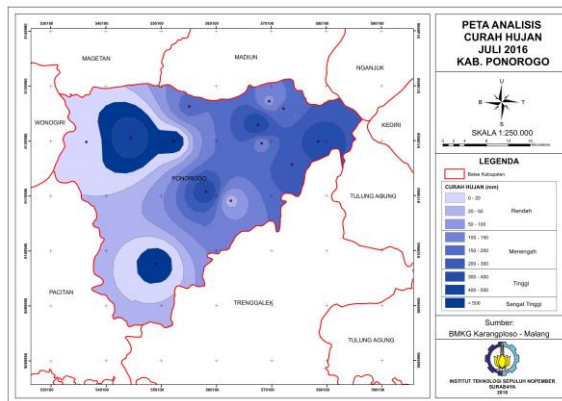


Gambar 4. 17 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan Juni 2016
(Sumber : BMKG 2016)

Pada bulan Juni 2016, seluruh Kabupaten Ponorogo mengalami rata-rata curah hujan sebesar 100-300 mm (menengah). Sedangkan Kecamatan Sokoo mengalami rata-rata curah hujan sebesar 300-500 mm (tinggi).

c. Pengamatan Curah Hujan Juli 2016

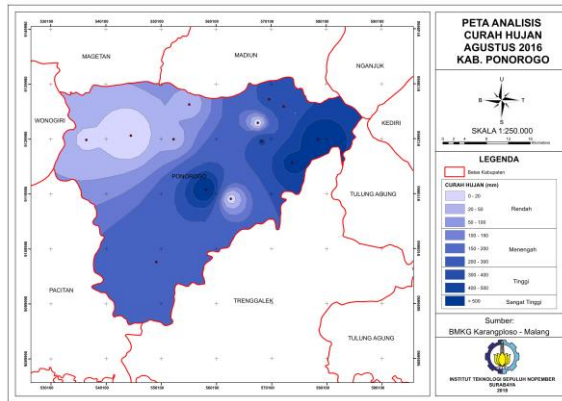
Pada bulan Juli 2016, sebagian besar Kabupaten Ponorogo mengalami rata-rata curah hujan sebesar 0-100 mm (rendah), sedangkan Kecamatan Pulung, Mlarak, Sambit, dan Jetis mengalami rata-rata curah hujan sebesar 100-300 mm (menengah).



Gambar 4. 18 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan Juli 2016
(Sumber : BMKG 2016)

d. Pengamatan Curah Hujan Agustus 2016

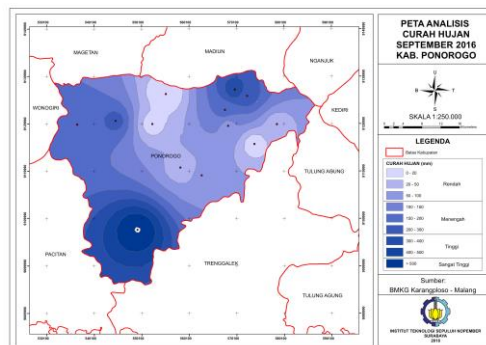
Pada bulan Agustus 2016, sebagian besar Kabupaten Ponorogo mengalami rata-rata curah hujan sebesar 100-300 mm (menengah). Sedangkan wilayah barat, Kecamatan Sawoo, dan Pulung mengalami rata-rata curah hujan sebesar 0-100mm (rendah)



Gambar 4. 19 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan Agustus 2016
(Sumber : BMKG 2016)

e. Pengamatan Curah Hujan September 2016

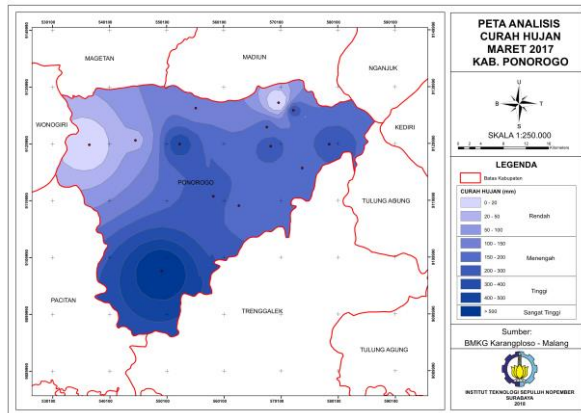
Pada bulan September 2016, sebagian besar Kabupaten Ponorogo mengalami rata-rata curah hujan sebesar 100-300 mm (menengah). Sedangkan wilayah selatan, Kecamatan Ngebel, dan Jambon mengalami rata-rata curah hujan sebesar 300-500 mm (tinggi).



Gambar 4. 20 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan September 2016
(Sumber : BMKG 2016)

f. Pengamatan Curah Hujan Maret 2017

Pada bulan Maret 2017, sebagian besar Kabupaten Ponorogo mengalami rata-rata curah hujan sebesar 100-300 mm (menengah). Sedangkan Kecamatan Ngrayun, Slahung, dan Bungkal mengalami rata-rata curah hujan sebesar 300-500 mm (tinggi).



Gambar 4. 21 Hasil Pengamatan Curah Hujan Kabupaten Ponorogo Bulan Maret 2017
(Sumber : BMKG 2017)

4.6 Analisis Tata Guna Lahan

Kawasan Permukiman sebagian besar terdapat di wilayah Kecamatan Ponorogo. Kawasan perkebunan sebagian besar terdapat di Kecamatan Siman dan Pulung. Kawasan pertanian sebagian besar berada di wilayah Kecamatan Slahung, Bungkal, , Sawoo, Ngrayun, Sukorejo, Babadan dan Jetis.

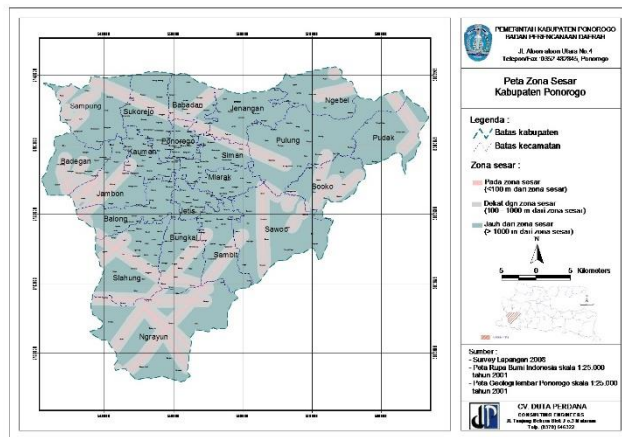
Struktur geologi adalah bentuk kenampakan bumi yang telah mengalami perubahan bentuk dari bentuk asalnya yang diakibatkan suatu deformasi. Salah satu bentuk dari struktur geologi adalah sesar (*fault*). Sesar adalah bentuk rekahan pada suatu lapisan batuan yang menyebabkan suatu blok batuan bergerak relatif terhadap blok batuan yang lain. Pergerakannya ada yang bergerak naik, turun dan mendatar. Sesar ini terjadi pada batuan yang plastis ataupun gaya yang diberikan pada lapisannya telah melebihi batas maksimum elastisitasnya. Pergerakan secara tiba-tiba dapat mengakibatkan suatu getaran yang disebut gempa bumi. Sesar ini merupakan rekahan pada batuan yang telah mengalami suatu pergeseran. Berbeda dengan struktur geologi yang lainnya yaitu kekar yang belum mengalami pergeseran pada bidangannya. Sesar ini terjadi di sepanjang retakan pada kerak bumi yang terdapat slip yang berada di antara dua sisi yang berada pada sesar tersebut. Pada analisis sifat geologi Kabupaten Ponorogo dengan menggunakan 4 lembar peta geologi Ponorogo, Tulungagung, Madiun, dan Pacitan dapat dilihat bahwa Kabupaten Ponorogo dilewati beberapa sesar antara lain :

- a. Sesar Dayakan melewati Kecamatan Badegan dan Sampung
- b. Sesar Binade melewati Kecamatan Slahung, Ngrayun
- c. Sesar Lorog melewati Kecamatan Ngrayun, Slahung, Balong, Sambit dan Sawoo
- d. Sesar Tegalombo melewati Kecamatan Ngrayun

Sedangkan pada referensi zona sesar Kabupaten Ponorogo di tujukkan nilai zona sesar sebesar <100 meter dari zona sesar berada di lokasi zona sesar, 100-1000 meter dari zona sesar berada di dekat zona sesar, dan >1000 meter dari zona sesar berada di jauh zona sesar. Daerah yang di lewati zona sesar berada di Kecamatan Sampung, Sukorejo, Babadan, Ponorogo, Siman, Jenangan, Siman, Pulung, Ngebel, Pudak, Sokoo, Sawoo, Sambit, Bungkal, Slahung, Ngrayun, Balong, Jambon, Badegan, dan Sampung. Sedangkan daerah sedikit dilewati sesar adalah Kecamatan Mlarak dan

Kauman. Sedangkan daerah yang tidak dilewati sesar adalah Kecamatan Jetis. Daerah yang paling banyak/rawan dilewati sesar adalah Kecamatan Ngrayun, Sampung, Badegan, Jambon, Puduk, Sokoo, dan Sawoo.

Pada Kabupaten Ponorogo, jenis sesar kebanyakan dari arah timur laut ke barat daya (gerindulu).



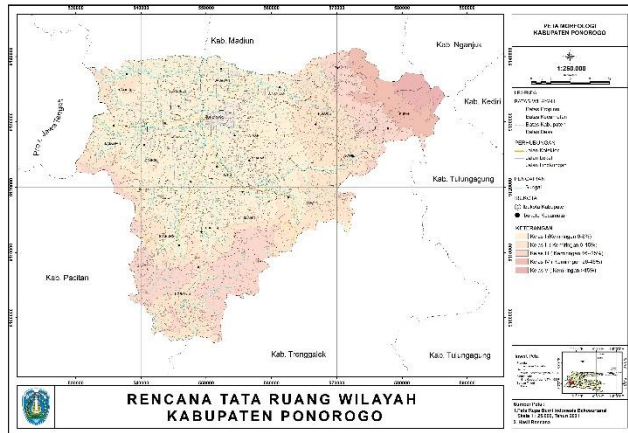
Gambar 4. 24 Peta Zona Sesar
 (Sumber : Bappeda Kabupaten Ponorogo 2001)

Pada umumnya sesar yang melewati Kabupaten Ponorogo adalah sesar tidak aktif.

4.8 Analisis Kelerengan

Sebagian besar wilayah Kabupaten Ponorogo mempunyai tingkat kemiringan tanah sebesar 0-8%. Sebelah Timur Kabupaten Ponorogo sebagian besar mempunyai tingkat kemiringan tanah sebesar 9-15 %. Hanya Kecamatan Jenangan, Kecamatan Pulung, Kecamatan Sooko, dan Kecamatan Ngrayun yang memiliki kemiringan sebesar 16-25% dan kemiringan sebesar 26-45%.

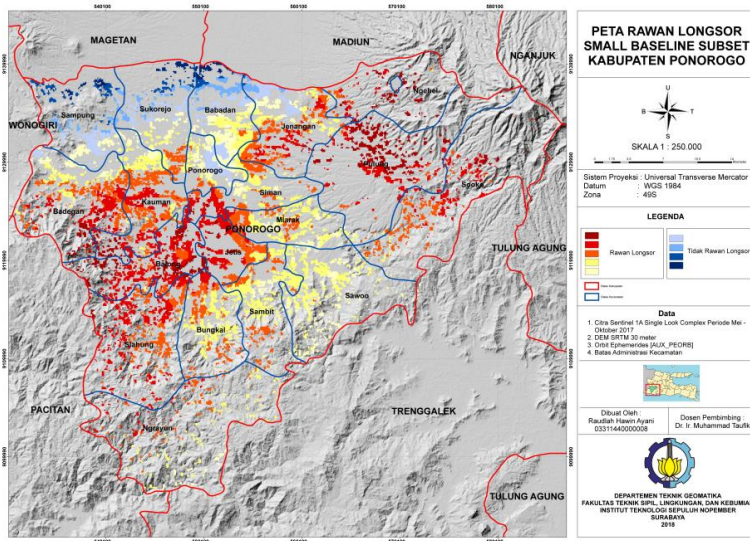
Sedangkan sebagian Kecamatan Pudak memiliki kemiringan lebih dari 45 %.



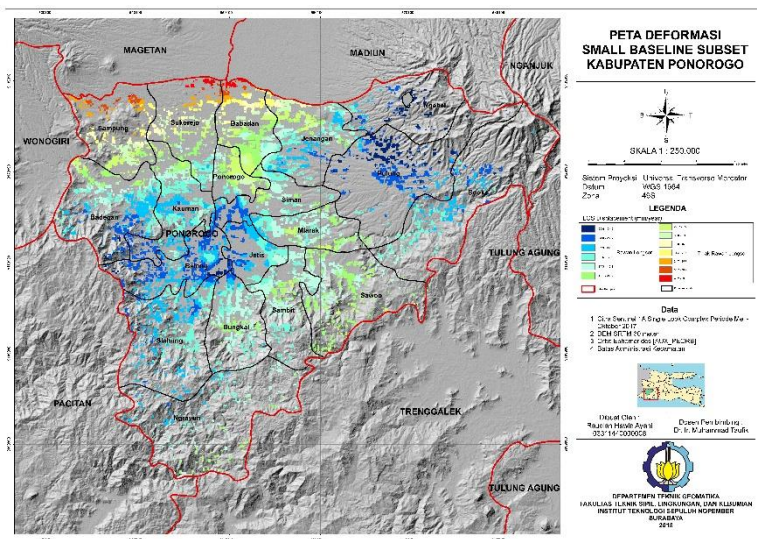
Gambar 4. 25 Peta Kelerengan
(Sumber : Bappeda Kabupaten Ponorogo 2001)

4.9 Analisis Tanah Longsor

Dari hasil SBAS dapat diketahui daerah yang rawan longsor berwarna biru hingga hijau yang menunjukkan penurunan tanah. Daerah tersebut mayoritas terjadi di daerah pegunungan dengan kemiringan kelerengan 9-45 %. Sedangkan daerah dengan dataran rendah menunjukkan adanya *subsidence* karena di pengaruhi penggunaan tata guna lahan yang tidak benar. Daerah tersebut merupakan daerah persawahan yang dapat disebabkan oleh pengambilan air tanah secara berlebihan sehingga dapat menyebabkan tanah turun. Analisis tanah longsor dapat ditinjau dari hasil deformasi yang menunjukkan penurunan.



Gambar 4. 26 Peta Rawan Longsor



Gambar 4. 27 Peta Deformasi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa deformasi Kabupaten Ponorogo, maka didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Data yang digunakan dalam tugas akhir ini menggunakan data citra satelit sentinel 1A tahun 2016 sampai dengan 2018 menggunakan metode SBAS dengan hasil Peta Rawan Longsor
2. Hasil SBAS menunjukkan terjadi perubahan *subsidence* dan *uplift*. Kecamatan Ngebel, Pudak, Pulung, Sokoo, Slahung, Balong, Jambon, Badegan, dan Kauman dengan nilai *subsidence* -27 mm sampai dengan -55 mm. Sedangkan Hasil *uplift* terjadi perubahan pada kecamatan Sampung, Sukorejo, dan Babadan dengan nilai perubahan 24 mm sampai dengan 46 mm dengan rentang waktu Mei-Oktober 2017.
3. Dari hasil SAR, di dapat daerah rawan longsor dengan daerah tidak rawan longsor. Daerah rawan longsor Kecamatan Ngebel, Pudak, Pulung, Sokoo, Slahung, Balong, Jambon, Badegan dan Kauman pernah terjadi longsor sebelumnya sehingga di kategorikan daerah rawan longsor.
4. Hasil Akhir Tugas akhir ini, peta perubahan rawan longsor 1:250.000 dengan rentang nilai rawan longsor sebesar -0,6 mm sampai dengan -55 mm. Sedangkan rentang nilai daerah tidak rawan longsor sebesar 0,8 mm sampai dengan 66 mm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data dan kesimpulan yang diperoleh, beberapa saran yang dapat diberikan antara lain :

1. Dianjurkan untuk penelitian selanjutnya dibutuhkan data pembandingan tambahan berupa pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan GPS untuk melakukan uji validasi dan mengetahui keakuratan nilai deformasi hasil dari pengolahan teknik SBAS, dikarenakan hasil yang diperoleh dari pengolahan citra SAR kurang akurat.
2. Untuk pengolahan yang lebih mudah disarankan untuk menggunakan *software* SNAP, karena otomatis mengunduh data dem dan orbit. Akan tetapi untuk pengolahan *time series* lebih cepat menggunakan *software* GMTSAR
3. Dianjurkan untuk menggunakan komputer spesifikasi tingkat tinggi untuk mempercepat pengolahan SBAS yang sangat lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Nur Mujid. 2012. "Pemanfaatan Metode Insar Untuk Pemantauan Aktivitas Gunung Semeru". Bandung : Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung
- Anjasmara, Ira Mutiara. 2013. "Deformation Study". Surabaya : Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Borik, Milan. 2011. "2-Pass Differential Interferometry in The Area of The Slatinice Above Level Dump". Ostrava : Departement of Mathematics, Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague
- Casu, Francesco. 2009. "The Small Baseline Subset technique : performance assasment and new developments for surface deformation analysis of very extended areas". Cagliari: University of Cagliari
- Chen, Y. 2002. "Monitoring Earth Surface Deformations with InSAR Technology: Principle and Some critical Issues". Journal of Geospatial Engineering, Vol.2, No.1, pp. 3-21
- Crosetto, M., Crippa, B., Biescas, E. 2005. "Early Detection and In-depth Deformation Phenomena by Radar Interferometry". Engineering Geology, 79 (1-2), 81-91
- Rahman, Didik Taufik. 2014. Organic HCS. <URL: <https://organichcs.com/2014/05/11/mengenal-jenis-karakter-penyebaran-dan-pemanfaatan-tanah-pertanian-di-indonesia>>. Diakses 1 Juli 2018, jam 12.33 WIB
- ESA. 2017. Sentinel-1 News. <URL: <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/sentinel-1>>. Diakses 12 Oktober 2017, jam 19.00 WIB
- Febriyanti, Rani Fitri. 2017. "Analisis Deformasi Permukaan Gunung Raung Menggunakan Teknologi Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (DInSAR) Berdasarkan Erupsi 28 Juni 2015". Surabaya : Teknik

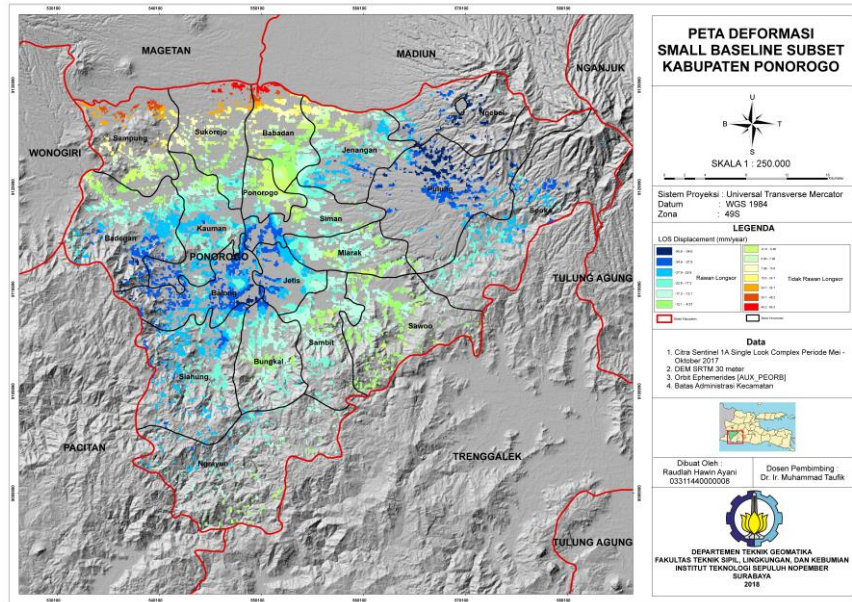
- Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Ferretti, A., Monti-Guarnieri, A., Prati, C., dan Rocca, F. 2007. Part A InSAR Principles : Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation. The Netherlands: ESA Publications.
- Gay, Michel. Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar (DinSAR), <URL: http://www.permanet-alpinespace.eu/archive/pdf/WP6_1_dinsar.pdf> Diakses 12 Oktober 2017, jam 19.30 WIB
- Gdeisat, Munther., Francis. Lilley. 2011. One-Dimensional Phase Unwrapping Problem, <URL: https://www.researchgate.net/publication/265151826_One-Dimensional_Phase_Unwrapping_Problem>. Diakses pada 25 Juni 2018, jam 19.30 WIB
- GMT. 2018. The Generic Mapping Tools. <URL: <https://www.soest.hawaii.edu/gmt/>>. Diakses pada 25 Juni 2018, jam 19.30 WIB
- GMTSAR. 2010. GMTSAR. <URL : <http://topex.ucsd.edu/gmtsar>>. Diakses 27 Juni 2018, jam 11.27 WIB
- Gong, Wenyu dkk. 2016. “Comparison of Small Baseline Interferometric SAR Processors for Estimating Ground Deformation”. Fairbanks: University of Alaska Fairbanks
- Hardi, A.H. 2008. “Studi Pemanfaat Band yang Berbeda pada InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar)”. Bandung: Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Institut Teknologi Bandung.
- Ismullah, I.H. 2004. Pengolahan Fasa untuk Mendapatkan Model Tinggi Permukaan Digital (DEM) pada Radar Aperture Sintetik Interferometri (*InSAR*) Data Satelit. *ITB Sains & Tek. Vol. 36 A, No.1, 11-32*

- Lusch, D. P. 1999. "Introduction to Microwave Remote Sensing". Michigan State University: Center For Remote Sensing and Geographic Information Science
- Tizzani, P dkk. 2007. "Surface deformation of Long Valley caldera and Mono Basin, California, investigated with the SBAS-InSAR approach". Italia: National Research Council.
- Rosen, P.A., dkk. 2001. "SRTMC-band topographic data quality assessment and calibration activities". Sydney: IGARSS'01 Proceedings.
- Saputra, Reza. 2014. Deformasi Kerak Bumi), <URL: <https://www.scribd.com/doc/244700471/Deformasi-Kerak-Bumi>>. Diakses 12 Oktober 2017, jam 12.00 WIB
- Samodra, H., Gafoer., Tjokrosapoetro. 1992. "Geologi Lembar Jawa". Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Santoso, Jaka Budi., dkk. 2017. "Perencanaan Tata Guna Lahan". Banyumas: Kelompok Kerja Ekonomi Hijau Kabupaten Banyumas Provinsi Jawa Tengah
- Saputro, E., Sutomo, Bandi. 2012. "Deteksi Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Dengan Teknik Differential Interferometric Synthehtic Aperture Radar (DINSAR) Menggunakan Software ROI_PAC Berbasis Open Source". Semarang: Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Sari, A. R. 2014. "Metode Differential Interferometry Synthetic Aparture Radar (DINSAR) untuk Analisa Deformasi di Daerah Rawan Bencana Gempa Bumi (Studi Kasus: Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat. Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Setyobudi, Prihatin, Tri. 2010. Sesar (Fault), <URL: <https://ptbudie.com/2010/12/24/sesar-fault/>>. Diakses 5 Juli 2018, jam 15.00 WIB.
- Sharav, A. 2003. "Differential SAR Interferometry for Crustal Deformation Study". Netherland: International Institute For Geo-Information Science and Earth Observation

- Sugiarto, Ari Teguh. 2012. Deformasi Kerak Bumi, <URL: <https://www.scribd.com/doc/78371877/deformasi-kerak-bumi>>. Diakses 12 Oktober 2017, jam 14.00 WIB
- Subardja, D., dkk. 2014. “Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional”. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor. 22 hal.
- Tymofyeveva, E. 2016. “GMTSAR Batch Processing”. UNAVCO
- Vidyan, Y. 2013. “Pemanfaatan metode TLS (Terrestrial Lase Scanning) untuk pemanfaatan deformasi gunung api, studi kasus : Kerucut Sinder Gunung Galunggung Jawa Barat”. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, Vol. 4 No. 1 April 2013: 49-69
- Wdowinski, Shimon. 2010. “Small Temporal Baseline Subset Analysis (STBAS): An INSAR Technique For Multi-Temporal Water Level Monitoring In Wetland”. Miami : Division of Marine Geology and Geophysics, University of Miami.
- Yuniarta, Saido, Purwana. 2015. “Kerawanan Bencana Tanah Longsor Kabupaten Ponorogo”. Surakarta : Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Negeri Sebelas Maret.

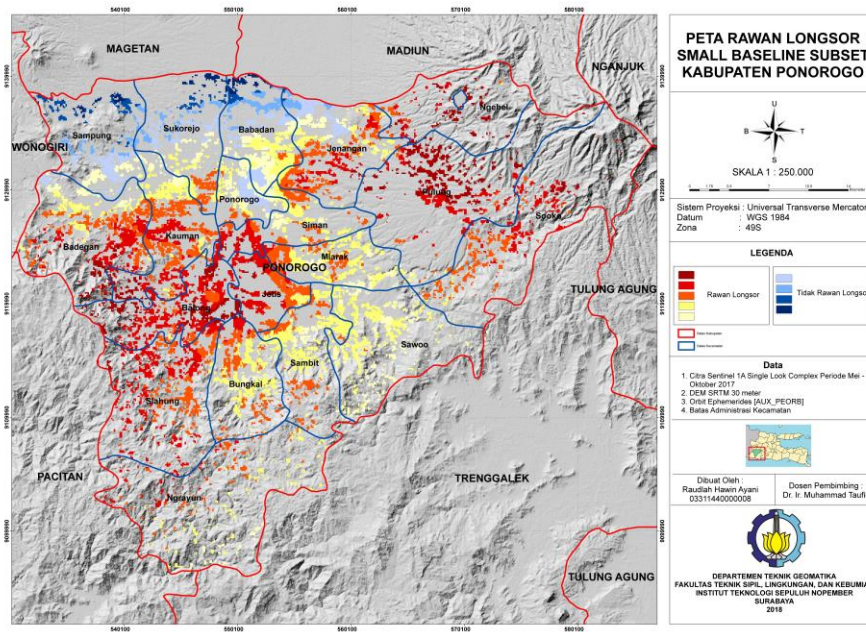
LAMPIRAN

Gambar 1 Peta Deformasi



Peta ini dengan skala 1:250.000 digunakan pada kertas A3

Gambar 2 Peta Rawan Longsor



Peta ini dengan skala 1:250.000 digunakan pada kertas A3

BIOGRAFI



Penulis dilahirkan di Ponorogo, 13 November 1995, merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal dari SDN 1 Mangkujayan Ponorogo, SMPN 2 Ponorogo serta pernah mendapatkan juara harapan III Lomba Pidato Keagamaan di STAIN Ponorogo dan Juara 1 Olimpiade IPS tingkat Kabupaten Ponorogo yang diadakan oleh SMA Darul Ulum 2 Jombang. Kemudian melanjutkan ke SMAN 1 Ponorogo. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan S1 Departemen Teknik Geomatika ITS melalui jalur undangan dan tergabung sebagai angkatan G16. Pada masa perkuliahan penulis aktif mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) antara lain: anggota Paduan Suara Mahasiswa, anggota *Technopreneurship Development Center* (TDC ITS) dan anggota UKM Fotografi (UKAFO ITS). Selain itu penulis juga di amanahi menjadi Ketua Divisi WET Mart UKM TDC ITS, Ketua Divisi Kewirausahaan HIMAGE-ITS, dan aktif Volunteer *International Office* ITS. Selama perkuliahan penulis juga aktif mengikuti kegiatan pelatihan LKMM PRA-TD FTSP ITS, LKMM TD HIMAGE-ITS, dan LKMW TD FTSP-ITS. Penulis juga aktif dalam kegiatan tulis menulis dan mendapatkan penghargaan sebagai delegasi *Regional Conference on Student Activism* UTP Malaysia, dan PKM Penelitian didanai oleh Dikti. Selama berkuliah penulis juga aktif dalam kegiatan *international exposure* seperti *Study Excursion International Office ITS Batch* Singapore, menjadi pemandu *Study Excursion Batch* Thailand, dan mengikuti *short program SUT Global Entrepreneurship Camp* Thailand. Penulis juga memiliki pengalaman Kerja Praktek di PT. Waskita Proyek *Double Track* Jombang-Madiun Paket 18. Penulis mengambil bidang penginderaan jauh dalam menyelesaikan syarat Tugas Akhir.